



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Aplicación del RCM para mejorar la productividad de la flota de  
tractocamiones en la empresa Látigo Negro S.A.C, Lima 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

Cruz Perez, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-1509-3962)

Jorge Solano, Kevin Nelson (ORCID: 0000-0002-8095-9224)

**ASESORA:**

MSc. Delgado Montes, Mary Laura (ORCID: 0000-0001-9639-657X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LIMA - PERÚ**

**2021**

### **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico a mi madre por haberme guiado y forjado para ser la persona que soy en este presente; muchos de los logros que tuve son gracias a ella y también el presente trabajo y por motivarnos a seguir y apoyarnos en nuestros sueños.

### **Agradecimiento**

Agradezco a mis forjadores, las personas de gran Sabiduría quienes me ayudaron a llegar al punto Donde me encuentro.

Agradezco a la empresa inversiones látigo negro por brindarnos su apoyo.

Aunque no fue sencillo el proceso, gracias por las Ganas de trasmitirme sus conocimientos y su dedicación.

## Índice de contenidos

Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II MARCO TEÓRICO.....	10
III. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	32
3.2. Variables y operacionalización .....	33
3.3. Población, muestra y muestreo.....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.5. Procedimientos .....	39
3.6. Método de análisis de datos.....	132
3.7. Aspectos éticos .....	133
IV. RESULTADOS.....	134
V. DISCUSIÓN.....	144
VI. CONCLUSIONES .....	150
VII. RECOMENDACIONES .....	152
REFERENCIAS.....	154
ANEXOS .....	160

## Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de frecuencias de la baja productividad em la flota de camiones .....	6
Tabla 2. Las 7 preguntas de la metodología centrada en la confiabilidad .....	22
Tabla 3. Valoración de la prioridad de riesgos .....	24
Tabla 4. Matriz grado de severidad .....	24
Tabla 5. Matriz grado de ocurrencia.....	25
Tabla 6. Matriz grado de detección .....	25
Tabla 7. Validez de instrum	
Tabla 1. Tabla de frecuencias de la baja productividad em la flota de camiones.....	6
Tabla 2. Las 7 preguntas de la metodología centrada en la confiabilidad .....	22
Tabla 3. Valoración de la prioridad de riesgos .....	24
Tabla 4. Matriz grado de severidad .....	24
Tabla 5. Matriz grado de ocurrencia.....	25
Tabla 6. Matriz grado de detección .....	25
Tabla 7. Validez de instrumentos por juicio de expertos de Ingeniería Industrial .....	38
Tabla 8. Descripción del proceso de servicios .....	42
Tabla 9. Pretest de la confiabilidad en los meses de febrero a marzo .....	50
Tabla 10. Pretest de la mantenibilidad en los meses de febrero a marzo .....	51
Tabla 11. Pretest de la disponibilidad en los meses de febrero a marzo .....	52
Tabla 12. Pretest de la productividad en los meses de febrero a marzo .....	53
Tabla 13. Pretest de la eficiencia en los meses de febrero a marzo .....	54
Tabla 14. Pretest de la eficacia en los meses de febrero a marzo.....	55
Tabla 15. Matriz causa solución del problema de la baja productividad .....	56
Tabla 16. Formación de grupo de trabajo .....	58
Tabla 17. Programa de capacitaciones del RCM.....	61
Tabla 18. Inventario general de unidades de la empresa inversiones látigo negro.....	62
Tabla 19. Sistema funcional del motor de los equipos de la empresa inversiones Látigo Negro S.A.C .....	64
Tabla 20. Sistema funcional de frenos de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	65
Tabla 21. Sistema funcional de neumáticos de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	66
Tabla 22. Sistema funcional de la transmisión de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	67
Tabla 23. sistema funcional del sistema eléctrico de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	68
Tabla 24. Sistema funcional de la dirección de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	69
Tabla 25. Sistema funcional del sistema hidráulico de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	70
Tabla 26. Análisis modal de fallos y efectos del motor en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	72
Tabla 27. Análisis modal de fallos y efectos de los frenos en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	73
Tabla 28. Análisis modal de fallos y efectos de la transmisión en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C .....	75

Tabla 29. Análisis modal de fallos y efectos del sistema eléctrico en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	77
Tabla 30. Análisis modal de fallos y efectos del inyector de combustible en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	78
Tabla 31. Análisis modal de fallos y efectos lubricación en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	79
Tabla 32. Análisis modal de fallos y efectos en la admisión de aire en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	80
Tabla 33. Análisis modal de fallos y efectos de enfriamiento en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	81
Tabla 34. Análisis de la prioridad de riesgos del motor Inversiones Látigo Negro S.A.C..	83
Tabla 35. Análisis de la prioridad de riesgos de frenos Inversiones Látigo Negro S.A.C..	84
Tabla 36. Análisis de la prioridad de riesgos de transmisión Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	86
Tabla 37. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema eléctrico Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	88
Tabla 38. Análisis de la prioridad de riesgos del inyector de combustible Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	89
Tabla 39. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema de lubricación Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	90
Tabla 40. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema de admisión de aire Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	91
Tabla 41. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema de enfriamiento Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	92
Tabla 42. Programa de mantenimiento vehicular.....	94
Tabla 43. Inspección de mantenimiento diario.....	97
Tabla 44. Inspección de mantenimiento semanal.....	100
Tabla 45. Inspección de mantenimiento mensual.....	102
Tabla 46. Inspección de mantenimiento trimestral.....	104
Tabla 47. Inspección de mantenimiento semestral.....	106
Tabla 48. Inspección de mantenimiento anual.....	108
Tabla 49. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de motor Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	109
Tabla 50. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de frenos Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	110
Tabla 51. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de transmisión Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	111
Tabla 52. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema eléctrico Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	112
Tabla 53. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de inyector de combustible Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	113
Tabla 54. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de lubricación Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	114
Tabla 55. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de admisión de aire Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	115
Tabla 56. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de enfriamiento Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	116
Tabla 57. Post test de la confiabilidad en los meses de mayo y junio.....	117

Tabla 58. Post test de la mantenibilidad en los meses de mayo y junio .....	118
Tabla 59. Post test de la disponibilidad en los meses de mayo y junio .....	119
Tabla 60. Post test de la productividad en los meses de mayo y junio .....	120
Tabla 61. Post test de la eficiencia en los meses de mayo y junio .....	121
Tabla 62. Post test de la eficiencia en los meses de mayo y junio .....	122
Tabla 63. Análisis comparativo confiabilidad pretest y post test.....	123
Tabla 64. Análisis comparativo mantenibilidad pretest y post test.....	124
Tabla 65. Análisis comparativo disponibilidad pretest y post test.....	125
Tabla 66. Análisis comparativo productividad pretest y post test.....	126
Tabla 67. Análisis comparativo eficiencia pretest y post test .....	127
Tabla 68. Análisis comparativo eficacia pretest y post test .....	128
Tabla 69. Análisis económico proyectado .....	129
Tabla 70. Flujo de caja proyectado.....	130
Tabla 71. Resultados de la prueba estadística.....	135
Tabla 72. Pruebas de normalidad de la Productividad.....	136
Tabla 73. Estadísticos descriptivos de la Productividad .....	137
Tabla 74. Prueba de muestras emparejadas productividad .....	138
Tabla 75. Prueba de normalidad de la eficiencia .....	138
Tabla 76. Estadísticos descriptivos de la eficiencia.....	139
Tabla 77. Prueba de muestras emparejadas eficiencia .....	140
Tabla 78. Prueba de normalidad de la eficacia .....	140
Tabla 79. Estadísticos descriptivos de la eficiencia.....	141
Tabla 80. Prueba de muestras emparejadas de la eficacia.....	142
Entos por juicio de expertos de Ingeniería Industrial .....	38
Tabla 8. Descripción del proceso de servicios .....	42
Tabla 9. Pretest de la confiabilidad en los meses de febrero a marzo .....	50
Tabla 10. Pretest de la mantenibilidad en los meses de febrero a marzo .....	51
Tabla 11. Pretest de la disponibilidad en los meses de febrero a marzo .....	52
Tabla 12. Pretest de la productividad en los meses de febrero a marzo .....	53
Tabla 13. Pretest de la eficiencia en los meses de febrero a marzo .....	54
Tabla 14. Pretest de la eficacia en los meses de febrero a marzo.....	55
Tabla 15. Matriz causa solución del problema de la baja productividad .....	56
Tabla 16. Formación de grupo de trabajo .....	58
Tabla 17. Programa de capacitaciones del RCM.....	61
Tabla 18. Inventario general de unidades de la empresa inversiones látigo negro.....	62

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Matriz de Ishikawa de la baja productividad de la flota de camiones.....	5
Figura 2. Diagrama de Pareto de la baja productividad de la flota de camiones.....	7
Figura 3. Objetivos de	
Figura 1. Matriz de Ishikawa de la baja productividad de la flota de camiones.....	5
Figura 2. Diagrama de Pareto de la baja productividad de la flota de camiones.....	7
Figura 3. Objetivos del mantenimiento.....	17
Figura 4. Etapas y ciclo de mejora continua del RCM.....	22
Figura 5. Matriz de criticidad.....	26
Figura 6. Proceso del RCM.....	26
Figura 7. Organigrama de la empresa .....	41
Figura 8. Croquis de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	42
Figura 9. Mapa de procesos .....	44
Figura 10. Proceso de programación, control y monitoreo de las actividades de transporte .....	45
Figura 11. Falta de mantenimiento preventivo .....	46
Figura 12. Constantes fallos de los vehículos en ruta.....	46
Figura 13. Falta de conocimiento para realizar mantenimiento .....	47
Figura 14. Demora de llegada del camión a su punto asignado.....	48
Figura 15. Personal no capacitado.....	48
Figura 16. Formatos inadecuando.....	49
Figura 17. Falta de supervisión de mantenimiento .....	49
Figura 18. Confiabilidad febrero-marzo pretest .....	50
Figura 19. Mantenimiento febrero-marzo pretest .....	51
Figura 20. Disponibilidad febrero-marzo pretest .....	52
Figura 21. Productividad febrero-marzo pretest .....	53
Figura 22. Eficiencia febrero-marzo pretest .....	54
Figura 23. Eficacia febrero-marzo pretest .....	55
Figura 24. Capacitación realizada al personal.....	62
Figura 25. Confiabilidad mayo-junio post test.....	117
Figura 26. Mantenibilidad mayo-junio post test .....	118
Figura 27. Disponibilidad mayo-junio post test .....	119
Figura 28. Productividad mayo-junio post test.....	120
Figura 29. Eficiencia febrero-marzo post test .....	121
Figura 30. Eficacia mayo-junio post test.....	122
Figura 31. Análisis comparativo confiabilidad .....	123
Figura 32. Análisis comparativo mantenibilidad .....	124
Figura 33. Análisis comparativo disponibilidad .....	125
Figura 34. Análisis comparativo eficiencia .....	127
Figura 35. Análisis comparativo eficacia .....	128
Figura 36. Procesamiento de datos SPSS Vers. 25 .....	136
I mantenimiento.....	17
Figura 4. Etapas y ciclo de mejora continua del RCM.....	22
Figura 5. Matriz de criticidad.....	26
Figura 6. Proceso del RCM.....	26



Figura 7. Organigrama de la empresa .....	41
Figura 8. Croquis de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C.....	42
Figura 9. Mapa de procesos .....	44
Figura 10. Proceso de programación, control y monitoreo de las actividades de transporte .....	45
Figura 11. Falta de mantenimiento preventivo .....	46
Figura 12. Constantes fallos de los vehículos en ruta.....	46
Figura 13. Falta de conocimiento para realizar mantenimiento .....	47
Figura 14. Demora de llegada del camión a su punto asignado.....	48
Figura 15. Personal no capacitado .....	48
Figura 16. Formatos inadecuando .....	49
Figura 17. Falta de supervisión de mantenimiento .....	49
Figura 18. Capacitación realizada al personal.....	62

## **Resumen**

El trabajo de investigación tiene por objetivo general en determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo Negro S.A.C, Lima 2021. La metodología del trabajo de investigación es de tipo aplicada porque solucionará un problema, nivel es descriptivo explicativo, diseño preexperimental y enfoque cuantitativo. Los instrumentos de recolección fueron la observación y análisis documental con un pretest y post test de 8 semanas respectivamente. La población estuvo conformada por 14 tractocamiones al igual que la muestra. Los instrumentos fueron validados mediante el juicio de expertos con una confiabilidad alta.

Los resultados, se logró incrementar la productividad un 8.15 % luego de implantar el RCM y sus fases correspondientes a las 7 preguntas a responder en el AMEF, matriz de criticidad y el árbol de decisiones; la eficiencia mejoró un 5.20% y la eficacia un 3.69%. Se concluyó que la metodología RCM mejora la productividad. Se recomendó a la empresa realizar capacitaciones programadas no menos de 3 veces al año en mantenimiento, equipos, y adquirir el software integrado correspondiente de almacenamiento informático para tener una mejor organización de datos.

**Palabras Clave:** RCM, productividad, eficiencia, eficacia, tractocamión

### **Abstract**

The general objective of the research work is to determine to what extent the application of the RCM methodology improves the productivity of the tractor fleet in the company Látigo Negro SAC, Lima 2021. The research work methodology is of an applied type because it will solve a problem, level is descriptive explanatory, pre-experimental design and quantitative approach. The collection instruments were observation and documentary analysis with a pretest and post test of 8 weeks respectively. The population consisted of 14 tractors as well as the sample. The instruments were validated by expert judgment with high reliability.

The results, it was possible to increase productivity by 8.15% after implementing the RCM and its phases corresponding to the 7 questions to be answered in the FMEA, criticality matrix and the decision tree; efficiency improved by 5.20% and efficiency by 3.69%. It was concluded that the RCM methodology improves productivity. The company was recommended to carry out scheduled trainings no less than 3 times a year in maintenance, equipment, and to acquire the corresponding integrated computer storage software to have a better data organization.

**Keywords:** RCM, productivity, efficiency, effectiveness, truck tractor

## **I. INTRODUCCIÓN**

Desde el surgimiento y desarrollo de la industrialización en la sociedad, los medios de transporte han representado un papel muy significativo y necesario para la economía, debido a que tenían la función de comunicar y desplazar a las personas, las mercaderías, los bienes de diferentes características y variedades, de un lugar a otro sin inconvenientes. Es por ello que el transporte de carga forma parte de una actividad importante de la cadena logística para el Estado y la sociedad en diversos países a nivel del mundo; por lo que continua en constante crecimiento, formando parte de un mercado muy competitivo que apunta a la calidad de servicio, satisfacción de los clientes a un menor costo en el menor tiempo posible, brindar soluciones logísticas eficientes e innovadoras a fin de conseguir resultados satisfactorios para el desarrollo del sector. (Gonzales, 2021, p.1)

Dentro de este marco, para ofrecer una entrega oportuna cumplimiento los requerimientos de los clientes, los equipos y/o maquinarias deben garantizar su buena operatividad y estar a disposición para realizar las funciones asignadas. Sin embargo, a lo largo de su vida útil empiezan a presentar fallas, desgastes en sus componentes, deterioro, a raíz de la frecuencia y el tiempo de uso disminuyendo su productividad; si estos inconvenientes no se previenen anticipadamente, no alcanzaran al 100% de su operatividad para los que fueron diseñados y como consecuencia su vida útil se reducirá considerablemente y su rendimiento disminuirá.

Por otro lado, cabe resaltar que en los países del Caribe y Latinoamérica la crisis económica ocasionada por el Covid-19 generó un gran impacto, golpeando el sistema de la organización y el ámbito productivo ya que a lo largo de los años el sector económico ha presentado debilidades. No obstante, en el 2010, la productividad laboral en Latinoamérica obtenía el 36.6% de la de Estados Unidos, en los 8 años posteriores tuvo un crecimiento anual del 0.6%. En las pequeñas empresas en cambio la productividad era del 23% de una grande empresa y de las microempresas tan solo alcanzaba el 6% de productividad. (Cepal, 2020, p.2)

A nivel nacional la situación económica del Perú según Céspedes, Lavado y Ramírez registró un aumento del 3.2% entre los años de 1980 y 2014; el

componente capital ha aportado el 1.9%, el componente humano a aportado el 0.9% y la diferencia de 0.4% se debe a la productividad de los componentes. En la década de 2001 al 2010 la productividad tuvo el mayor crecimiento sistemático contribuyendo en el 2.9%. Sin embargo, en las proyecciones de los próximos años, se aguarda que el PBI per cápita tenga similitud con las economías en desarrollo y se llegue al nivel deseado (2016, p.10).

Así mismo, la situación del sector de servicios logísticos de carga pesada se ha observado afectado por el aumento del ISC (Impuesto Selectivo al Consumo), del combustible que tienen mayor repercusión en la salud de las personas y el medio ambiente. Según analistas del diario Gestión (2018) ,este aumento perjudica al flete de transporte y como resultado los costos se elevarán de las empresas que vienen exportando; en relación a otros países la competitividad y la productividad como factor de desarrollo se disminuirán, para esta coyuntura se necesita la participación por parte del gobierno peruano, ya que esta situación aplicada de impuestos indirectos por las autoridades tiene el objetivo de generar ingresos inmediatos, por lo que abre la probabilidad de que la inflación suba poniendo el riesgo la economía peruana que va desacelerada.

En cuanto a la empresa Látigo Negro S.A.C, está dedicada al transporte y logística brindando servicios de transporte, transporte pesado, transporte de carga general. La empresa desarrolla sus actividades en los sectores energético, petrolero, minero, agroindustrial, industrial, construcción; contando con equipos como plataformas cama alta y cama baja, tolvas, cargadores, entre otros. No obstante, estos equipos están presentando fallas constantes, problemas en su sistema operativo y paradas no programadas en ruta por falta de mantenimiento lo que producen una baja productividad. La organización solo realiza mantenimiento correctivo; por ende, se determinaron las causas principales y el efecto que están presentando la empresa en el área de mantenimiento. Entre las causas más resaltantes que se hallaron realizando una lluvia de ideas con los trabajadores a cargo se identificaron: La falta de un plan de mantenimiento preventivo en la flota de los tractocamiones, presentan constantes fallas en los vehículos en ruta, los operarios no tienen conocimientos sobre los procedimientos de mantenimiento que se deben seguir, el personal no está lo suficientemente capacitado para maniobrar

los equipo por lo que ocurren incidentes, los formatos de registro no son los adecuados para el mantenimiento; todo ello se obtuvo empleando las herramientas de calidad: Ishikawa y Pareto como se observa a continuación:

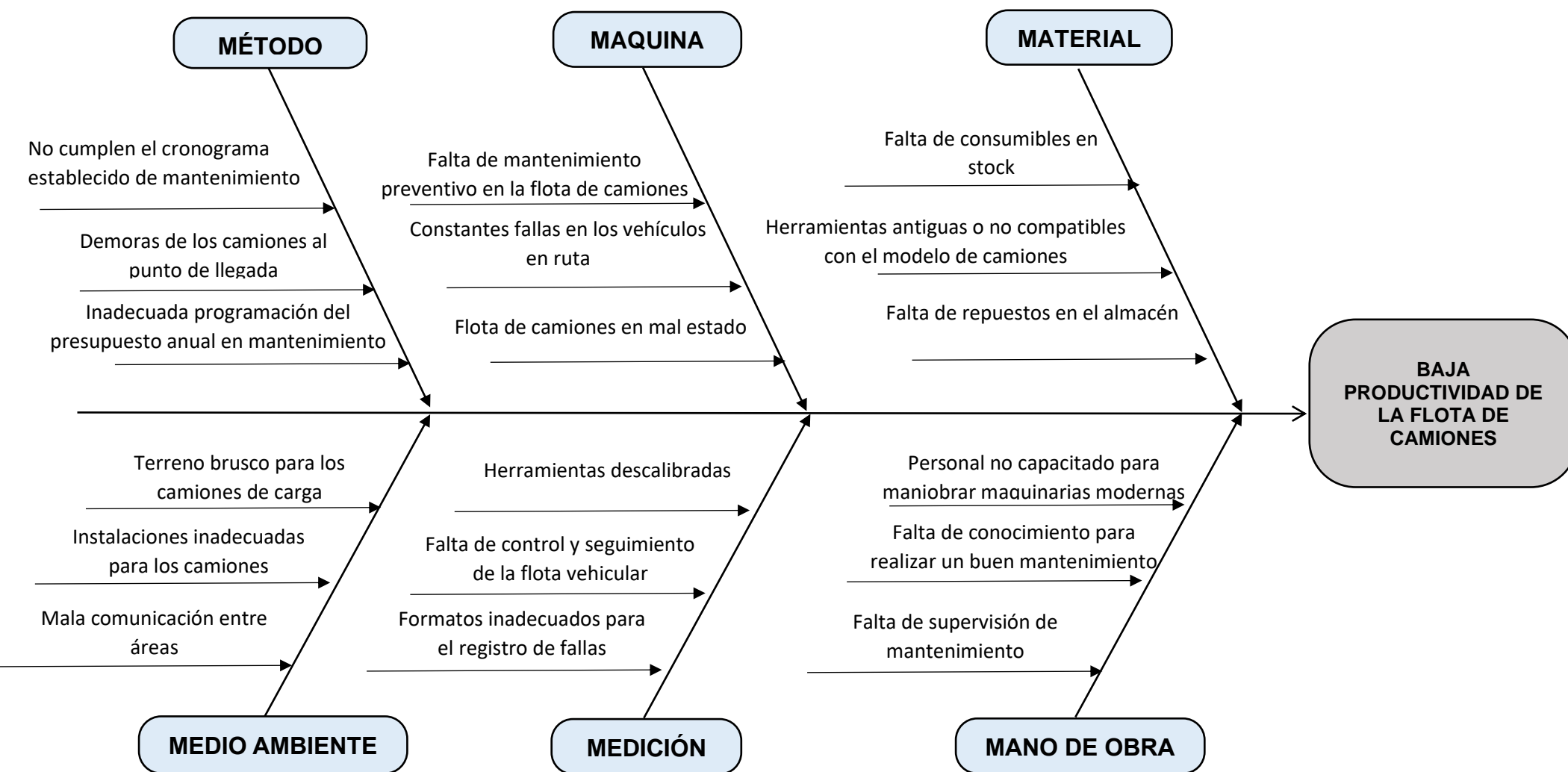


Figura 1. Matriz de Ishikawa de la baja productividad de la flota de tractocamiones



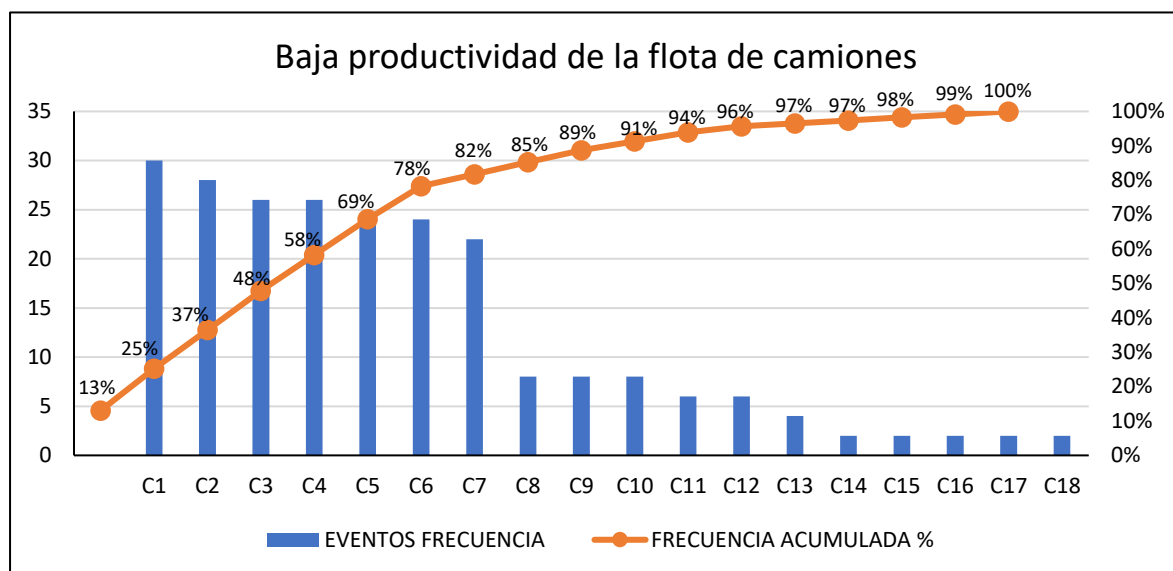
El análisis de las causas que genera la baja productividad de la flota de tractocamiones fue realizado utilizando las 6M: Medio ambiente, medición, mano de obra, método, máquina y material; posterior a ello se empleó una tabla de frecuencias para determinar cuáles son las causas que se deben solucionar.

Tabla 1. Tabla de frecuencias de la baja productividad en la flota de tractocamiones

BAJA PRODUCTIVIDAD EN LA FLOTA DE CAMIONES				
Nº	CAUSAS	EVENTOS FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUMULADA %
1	Falta de mantenimiento preventivo en la flota de camiones	30	13%	13%
2	Constantes fallas en los vehículos en ruta	28	12%	25%
3	Falta de conocimiento para realizar un buen mantenimiento	26	11%	37%
4	Demoras de los camiones al punto de llegada	26	11%	48%
5	Personal no capacitado para maniobrar maquinarias modernas	24	10%	58%
6	Formatos inadecuados para el registro de fallas	24	10%	69%
7	Falta de supervisión de mantenimiento	22	10%	78%
8	Flota de camiones en mal estado	8	3%	82%
9	Falta de consumibles en stock	8	3%	85%
10	Herramientas antiguas o no compatibles con el modelo de camiones	8	3%	89%
11	Falta de repuestos en el almacén	6	3%	91%
12	No cumplen el cronograma establecido de mantenimiento	6	3%	94%
13	Herramientas descalibradas	4	2%	96%
14	Falta de control y seguimiento de la flota vehicular	2	1%	97%
15	Mala comunicación entre áreas	2	1%	97%
16	Inadecuada programación del presupuesto anual en mantenimiento	2	1%	98%
17	Instalaciones inadecuadas para los camiones	2	1%	99%
18	Terreno brusco para los camiones de carga	2	1%	100%
Total		230	100%	

Fuente: elaboración propia

Posterior a ello se realiza una lista de actividades donde se el 80% de las causas en donde se podrá intervenir para proponer la mejora.



*Figura 2. Diagrama de Pareto de la baja productividad de la flota de tractocamiones*

Por lo tanto, en el estudio de investigación se desea realizar mejoras a través del mantenimiento planificado utilizando la metodología RCM y sus 3 herramientas como el AMEF, El análisis de criticidad y matriz de solución de tal modo que se fundamenta en el siguiente interrogante la formulación del problema general: ¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021?

Y del mismo modo se formularon los problemas específicos correspondientes a sus dimensiones:

PE1: ¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021?

PE2: ¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021? Por otro lado, la investigación se justifica de cuatro formas en base a la definición de los autores: Teórica, práctica, social y económica.

De acuerdo con Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018), la justificación teórica indica la importancia que tiene un estudio de investigación en referencia a un problema, si los resultados que se van a obtener van a servir para rebatir resultados con otras investigaciones de forma teórica y ampliar hacia nuevas fronteras de conocimientos. (p.220).

El desarrollo de tesis tiene la finalidad de contribuir con nuevos conocimientos teóricos respecto a la aplicación de la metodología RCM en los tractocamiones de la empresa, para mejorar la productividad y disponibilidad creando conciencia de los procedimientos que se tengan que fijar con técnicas de ingeniería.

Para Bernal (2010), la justificación práctica “tiene la intención de ayudar a resolver problemas en el proceso de desarrollo, o también, plantea estrategias que al llevarlos a cabo aportaran en resolverlos” (p.106).

El desarrollo de tesis busca abarcar en resolver problemas de productividad y disponibilidad de los tractocamiones de la empresa Látigo Negro S.A.C, debido a que los equipos están presentando constantes fallas y paradas no previstas; por tanto, la aplicación del RCM contribuirá en darle un método de solución al problema minimizando esos fallos, averías, tiempos de fallos que retrasen las entregas a los clientes.

Según Ñaupas et al. (2018), la justificación social “es cuando la investigación tiene el fin de resolver los problemas de la sociedad que están perjudicando a un grupo social en específico” (p.221).

El desarrollo de tesis busca generar un impacto positivo mediante la aplicación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la productividad, el objetivo es que todos los integrantes de la empresa se involucren en la mejora de sus activos y se comprometan en lograr los objetivos en conjunto, así mismo, con ello los equipos y/o maquinarias tenerlos en condiciones seguras y la satisfacción al cliente con las entregas a tiempo de sus mercaderías.

Para Bernal (2013), la justificación económica “tiene como objetivo proveer de suficientes recursos con relación al costo beneficio de cualquier proyecto, para que se fundamente convenientemente en que los elementos a utilizar sean propuestos para una mejora” (p.19).

El desarrollo de tesis, con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad va a conseguir ventajas competitivas en cuanto a la reducción de los costos por mantenimiento, disminución de los tiempos de llegada, de tal modo que se incrementen los indicadores de mantenimiento y productividad en un mediano

plazo. La empresa se verá beneficiada económicamente mediante el desarrollo de la propuesta eficientemente.

Por otra parte, es necesario disponer qué se pretende lograr en el estudio de forma clara y precisa, es por ello que se establecieron el objetivo general que es determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021, y los objetivos específicos en la investigación:

**OE1:** Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

**OE2:** Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

A raíz de lo anterior, se formularon las siguientes hipótesis generales y específicas que corresponden a suposiciones tentativas de lo investigado que se determina por afirmaciones que en los próximos capítulos serán demostrados a través de resultados y pruebas estadísticas

**Hi.** La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

**Ho.** La aplicación de la metodología RCM no mejora significativamente la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

**HE1:** La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

**HE2:** La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

## **II MARCO TEÓRICO**

En el capítulo 2, se detallan los estudios previos que se tomaron para sustentar la investigación a nivel Internacional y nacional más las teorías relacionadas con el tema utilizando fuentes confiables de artículos científicos, revistas, libros, tesis para una mejor comprensión de las definiciones principales del tema a investigar.

Guillén (2019), en su proyecto de titulación, “Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la central Saymirin”, donde se planteó el diseño de una propuesta de implementación del RCM y la realización de un análisis de criticidad y AMEF. La empresa en estudio cuenta con planes de mantenimiento siguiendo las recomendaciones de los fabricantes y las experiencias de los colaboradores, pero siempre el mantenimiento tiene que estar en constante mejora continua para conservar las muestras de 3 sistemas seleccionados con el análisis de criticidad. Con la metodología se ha podido incrementar la disponibilidad a rangos elevados del 96.5% pero con el paso del tiempo se podrá evidenciar una disminución en los índices de confiabilidad por ello se debe seguir el paso a paso de la metodología para que esa situación alargue la utilidad de las unidades de generación. Se recomendó capacitar al personal y utilizar registros de fallas detalladamente para obtener mejores resultados.

Espinoza, Paz, Pérez y Acosta (2019), en su artículo científico publicado que lleva por título, “Contribución del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para el estudio de fallos a equipos consumidores de energía eléctrica”, se centraron en realizar un análisis de los fallos de equipos que representaron los que mayor consumo eléctrico poseían. El método de trabajo que se utilizaron fueron en primer lugar un trabajo organizado en equipo para realizar la toma de decisiones en referencia al valor de la criticidad en el área, se realizaron entrevistas a los trabajadores y se consultaron documentación. El RCM fue la metodología que se empleó incluyendo la matriz AMEF. Finalmente se llegó a concluir que se identificaron los equipos críticos que realizaban mayor consumo eléctrico que contribuían en el 85% de la estructura del cuerpo energética, se identificaron todas

las fallas funcionales y las consecuencias que estos podían traer en cada componente o sistema del equipo.

Mantilla (2018), en su tesis sobre, “Diseño de la estrategia de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para la flota de tractocamiones Kenworth T660 y T800 de la empresa Enlace Logístico de Cargas S.A.S”, tiene por objetivo diseñar estrategias de mantenimiento para toda una flota de tractocamiones del modelo T660 y T800 pertenecientes a la empresa con la metodología del RCM. La población está conformada por 18 tractocamiones, ambos modelos mencionados tienen una carga mayor en toneladas, por ende, los fallos presentados en cualquiera de los equipos generan pérdidas económicas, la empresa cuenta con un plan, pero desconocen los procedimientos a seguir. El RCM se ha implementado en todo tipo de industrias por ello la empresa necesita de esta metodología debido al tamaño de los equipos que necesitan gran cobertura del proceso de mantenimiento. Se concluye que la flota pesada de investigación se pudo caracterizarlo detalladamente cada sistema y subsistema que lo componen, de esta manera se realiza un mayor control del funcionamiento del equipo y su mantenimiento, también se analizaron los efectos de falla con ayuda de manuales de los fabricantes para una mejor comprensión de las estructuras internas y externas. Se pudo implementar el plan de mantenimiento con la cooperación de todos los encargados del area mantenimiento.

Peña (2018), desarrolló una investigación titulada, “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de manufactura de Papel”, tiene por objetivo proponer un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM de los elementos productivos en la empresa, así como definir, verificar en la situación que se encuentra y el grado de criticidad de los equipos. En su marco metodológico, que se detalla secuencialmente realiza un diagnostico cuantitativo, basada en una investigación aplicada de tipo descriptiva y la población estuvo formada por el total de los equipos que forman parte de la maquina papelera. En cuanto a las conclusiones, se hizo un diagnóstico del sistema de mantenimiento, se realizó el análisis Foda y de criticidad; al realizar el análisis de AMEF se detectaron las fallas de los equipos y sus componentes y finalmente

se definieron las estrategias adecuadas para la empresa basadas en la condición, predictivas y correctivas.

Trejo (2017), en su tesis, “Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el montacargas Hyster 02 y el tractocamión Kenworth T800 de la comercializadora el Forraje S.A”, como objetivo se fundamentó en el desarrollo de un proyecto de mantenimiento preventivo de los montacargas y del camión T800 usando la metodología. El problema surge dado que la empresa no contaba con documentaciones establecidas, una metodología de aplicación de mantenimiento para sus equipos, para ello se emplea el análisis de campo, adquiriendo información técnica de los equipos y se instauran formatos o cronogramas de mantenimiento e instructivos a seguir. Se concluye que se realizó un programa de mantenimiento siguiendo las indicaciones de la metodología de acuerdo con las políticas y necesidades de requerimiento de los equipos, asimismo, capacitar al personal de todas las áreas involucradas para lograr los objetivos como empresa.

Otero (2019), en su tesis de grado titulado, “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de la empresa Maquiperu S.A, San Luis, 2019”, como objetivo se propuso determinar como la aplicación del RCM podía mejorar la productividad del área de mantenimiento. La tesis es de tipo aplicada, descriptivo-explicativo y del diseño experimental. La población consta de 20 montacargas eléctricos y 4 técnicos que serán los encargados de realizar el mantenimiento, reparaciones, revisiones, informes en un plazo de 26 semanas de prepruebas y la misma cantidad de semanas para la post prueba. Usaron las hojas de registro como instrumentos que fueron validados con anterioridad por expertos del centro de estudios. Después de la aplicación de la metodología se llegaron a las conclusiones de una mejora en el área de mantenimiento con respecto a la productividad de un 29.71%, la disponibilidad ascendió a un 14.66%. Se recomendó estandarizar los procedimientos del RCM, hacer seguimientos, control y capacitar constantemente al personal.



Romero (2019), en su trabajo de investigación de grado académico titulado, “Elaboración de programa de mantenimiento para incremento de disponibilidad de equipos de flota en una empresa comunal”, como objetivo se enfocó en la elaboración de un plan de mantenimiento para todos los equipos de la flota en la empresa con la intención de mejorar la disponibilidad. El proyecto es una investigación descriptiva de tipo tecnológico que se basa en solucionar los problemas detectados a través de la formulación de los procedimientos del plan de mantenimiento, de esta manera se incorporan formatos para el control en la flota e implementar una metodología que llevara a la disponibilidad a rangos positivos. Como resultado se realizó un análisis profundo de los sistemas y subsistemas del equipo que presentaron muchas averías en un tiempo determinado utilizando herramientas de Ishikawa y Pareto, así también se realizó un plan de mantenimiento para toda la flota y se pudo incrementar a la disponibilidad al 85%. Se sugiere hacer seguimiento al plan de mantenimiento trimestralmente para que se pueda cumplir las políticas establecidas por la empresa y realizar constantes capacitaciones a los trabajadores para mejorar sus competencias y habilidades profesionales y personales.

Macedo (2018), en su trabajo de investigación que lleva por título, “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la productividad de la línea 14 de envasado Tetra Pak – Luriganchu, 2018”, el cual se enfocó en aplicar la metodología RCM a fin de mejorar la productividad en la producción de la empresa. La investigación siguiente fue de nivel descriptivo explicativo, de tipo aplicada, de acuerdo con el diseño fue experimental de tipo cuasiexperimental, específicamente fue evaluado con un pretest de 9 meses y post test de 9 meses. Como conclusión hubo un incremento en el valor de la productividad a través de la metodología, esto se pudo realizar con el análisis de AMEF para detectar los componentes, subcomponentes, fallas y consecuencias, es por ello que se aceptó las hipótesis para mejorar el valor de la productividad incrementándose en un 20%. Se recomendó adquirir un software para almacenar la información, hacer seguimiento y analizar los tiempos de que ocurran una falla y la capacitación al personal debe realizarse de manera periódica a todos los equipos de la empresa.

Mejía (2017), elaboró una tesis que lleva por título, “Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la empresa ERSÁ Transportes y Servicios S.R.L”, como objetivo fue proponer crear un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, para las máquinas que son parte de la línea de producción de alcohol etílico en la empresa para una mejor productividad. La tesis presenta la descripción del problema del área de mantenimiento ya que solo aplica acciones correctivas el cual se desea mejorar, tiene un nivel de investigación aplicado, un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, la técnica empleada fue la observación. Finalmente en la conclusión al implementar el plan de mantenimiento se tuvo una mejora la disponibilidad al 16%, la productividad aumenta en 7% y se redujo los costos de 24 394.46 soles en un 12 meses después de recuperar la inversión inicial de 45 080 por lo que el proyecto es factible de realizar.

Roncal (2017), en su tesis que lleva por título, “Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en las unidades de transporte de la empresa Transvial Lima S.A.C, 2017”, como objetivo se basó en determinar como el mantenimiento aplicado a las unidades de transporte van a repercutir positivamente en el aumento de la disponibilidad de estos. La investigación tiene un giro metodológico cuasiexperimental y de tipo aplicada porque se empleó bases filosóficas del mantenimiento y sus aportes teóricos y prácticos, la población consta de 30 días calendario en el que se desempeña el trabajo. La técnica de recolección de datos fue la observación y e instrumentos los formatos de inspección de los mantenimientos correctivos, también las ordenes de trabajo para conocer los tiempos de fallas y reparación de los buses. Se llegó a concluir que al hacer un uso correcto del plan se producen mejoras de la variable dependiente que en un inicio fue de 34% a un 96%, es decir que el valor diferencial fue del 62% de incremento. Las horas de confiabilidad aumentaron del 2.08 horas a 41.5 horas y el tiempo de reparación se reduce de 4.13 horas de un inicio a solo 1.53 horas. Se recomienda la realización de inducciones y capacitaciones al personal de mantenimiento a cargo para desempeñarse adecuadamente en todo tipo de situaciones.

Luego de redactar los antecedentes investigados relacionados con el estudio, se procede a definir en términos generales cada vocablo mencionado en la investigación, citando autores correspondientes al tema.

**El mantenimiento** se conceptualiza como el conjunto de actividades que se desarrollan en las instalaciones y los equipos, con la finalidad de subsanar o impedir las fallas, se busca con ello que estos sigan prestando los servicios para que fueran delimitados.

En otros términos, el mantenimiento se encarga de conservar a las maquinarias y los equipos para que puedan incrementar su disponibilidad, El propósito del mantenimiento es que los equipos cumplan con el mayor nivel de efectividad para las actividades dentro del sistema de producción y servicios con la mínima repercusión de contaminantes en el medio ambiente y conservar la seguridad de los involucrados a un coste reducido. (Velasco, 2016, p.34).

**En referencia a los objetivos del mantenimiento**, en toda organización, el mantenimiento debe efectuar objetivos fundamentales que son dos: Garantizar la disponibilidad y la reducción de los costes productivos. Cuando se menciona a lo segundo de la secuencia se debe tener en cuenta algunos aspectos.

- Aumentar la utilidad de las instalaciones y los equipos en general.
- Mejorar la disponibilidad de las maquinarias, instalaciones y los equipos para el proceso de producción.
- buscar alternativas de reducir los costes de paradas en el proceso de producción ocasionadas por una maniobra defectuosa en el mantenimiento de los activos. (García, 2012, p.4)



### *Figura 3. Objetivos del mantenimiento*

Con el propósito de buscar mejoras en las condiciones y en el mantenimiento de los equipos y/o maquinarias, surgen metodologías y técnicas con el objetivo de conservar disponible los activos de la empresa, identificando el modo de falla y sus causas; como es el caso del RCM. El RCM según Mora lo definió como “un conjunto de actividades sistematizadas para planificar el mantenimiento de acuerdo con las estructuras y características de los activos en su entorno operacional y que estos desempeñen sus funciones correctamente” (2016, p.444).

La metodología RCM en el mundo, fue desarrollado en sus inicios para el sector de aviación en América del Norte en la década de los 60, en colaboración con la Nasa fundamentándose en disponer lo que se debe realizar para garantizar que un elemento siga desempeñando sus funciones operativas deseadas de operatividad, mitigando o minimizando las consecuencias que pueden darse en la seguridad, costos y producción. Posteriormente, fue llevado a la fuerza armada y más tarde al sector industrial, ya que demostró buenos resultados en el sector aeronáutico.

La metodología RCM es empleada para delimitar el que hacer para garantizar que los activos de la empresa continúen realizando sus funciones operacionales en el momento que sea requerido. El RCM tiene la utilidad de ser guía para determinar las actividades y tareas del mantenimiento con sus frecuencias importantes en una situación de operatividad. Su éxito se sujeta en base al análisis de funcionalidad de los activos desarrollado por un equipo de trabajo. (Parra, 2012, p.27).

El mantenimiento centrado en la confiabilidad plantea la detección de los modos y fallo que anteceden a las fallas en el futuro de los equipos y/o maquinarias para la actuación de un procedimiento homogéneo y sistemático para la elección de actividades de mantenimiento que sean convenientes y se puedan aplicar. Como resultado será las actividades en conjunto de mantenimiento para cada equipo de la empresa. Al final se determinan las frecuencias y el tiempo para que lleven a cabo. (Viveros, 2012, p.133).

Hoy en día, esta metodología se realiza bajo las normativas SAE JA 1011 y 1012, lo cual establecen los requisitos que se deben cumplir cada proceso para que forme parte de un procedimiento que se está basado en la confiabilidad. En la primera normativa constituyen los criterios y lineamientos que debe efectuar la metodología. En todo caso, la normativa menciona que para dar inicio con la implementación o aplicación del RCM se deben realizar las actividades en función a la formulación de 7 preguntas establecidas sobre el sistema que se desee analizar. Se estimarán las actividades más importantes de cada activo para terminar con las recomendaciones de la metodología.

**Los pasos para aplicar la metodología RCM** comienza con la formación del equipo de trabajo y las capacitaciones correspondientes al personal involucrado en el proceso. Luego, según Parra (2012), propone un proceso para determinar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en el contexto de sus operaciones, a partir del análisis de las siguientes 7 preguntas.

- ¿Cuál es la función?
- ¿Cuál es la falla funcional?
- ¿Cuál es el modo de falla?
- ¿Cuál es efecto de la falla?
- ¿Cuál es la consecuencia de la falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional?
- ¿Qué se puede hacer si no se conoce una tarea de prevención adecuada a esta falla?

En esta etapa, se describirán 7 preguntas de mantenimiento centradas en la confiabilidad de acuerdo con la norma SAE JA 1012. Al responder, se obtiene información general para conocer los métodos de intervención los equipos y garantizar que el dispositivo funcione correctamente.

1. **¿Cuáles son las funciones del activo?:** lo primero, se deben definir las funciones, condiciones, parámetros del activo, se debe realizar un listado de qué manera se subdividen sus funciones primarias y las funciones secundarias que son un adicional de las funciones primarias con ayuda del personal de mantenimiento, quienes son los que día a día conviven con los equipos de la empresa al desempeñar sus labores.
2. **¿De qué manera pueden fallar sus funciones?:** Consiste en identificar las posibles fallas del equipo que pueda presentar al no cumplir sus funciones o deje de funcionar totalmente, a este caso se le conoce como falla. Lo que se debe preguntar es saber el motivo de como sucedió la falla y luego analizar las causas posibles que generaron el reporte ocurrido.
3. **¿Cómo se origina la falla?:** En este proceso se tiene en claro que los modos de falla producen el estado de falla o la parada del equipo, por lo que también se hace un listado para describir lo que sucedió por cada una de las fallas que se presentaron; sea por motivos de errores humanos o de diseño ya que son innumerables los eventos, a esto se le conoce como modo de falla.
4. **¿Qué pasa cuando falla?:** A este paso se le conoce como efecto de falla y se trabaja en base a evidencias físicas como ejemplo, el ruido, los olores extraños, la seguridad. Se busca llegar a lo que genera la falla para así que las actividades de mantenimiento puedan eliminar la causa de manera óptima.
5. **¿En qué sentido es importante cada falla?:** En este punto, quiere decir que consecuencias se presentan cuando se produce una falla, ya sea en la operatividad del equipo, la calidad del servicio y producto que se brinda, el medio ambiente, la seguridad del conductor, todo ello se debe determinar

claramente con el nivel de importancia y el nivel de criticidad. Están divididos 4 en grupos.

- Consecuencias de fallas ocultas: Conduce a un dispositivo de protección oculto para activos físicos, cuando ocurre una falla en el equipo, se hace evidente para el operador en una situación de trabajo normal.
- Consecuencias ambientales y de seguridad: Un incidente que puede causar daños, lesiones o incluso la muerte a los trabajadores, en términos del medio ambiente, si viola las normas legales también erosionará la integridad corporativa.
- Consecuencias operacionales: son fallas que pueden afectar la producción, los costos operativos, las opiniones de los clientes y la calidad del servicio.
- Consecuencias No Operacionales: Se refiere a los costos directos de reparación de los equipos afectados, es decir, son consecuencias económicas.

**6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?:** Se implementarán estrategias de mantenimiento para cada falla funcional identificada, como inspección de partes, cambio de aceite o repuestos, entre otros. Con la información recopilada, se pueden evaluar y recomendar acciones correctivas para cada grupo. Para mantener una buena operatividad, es necesario determinar qué tipo de mantenimiento se aplicará a cada operación. Como en los siguientes párrafos:

- Mantenimiento preventivo: También conocido como mantenimiento cíclico de renovación o reemplazo, se realizan básicamente antes de que ocurra una falla por un período fijo de tiempo.

- **Mantenimiento correctivo:** También conocido como trabajo de rotura o mantenimiento reactivo. Se realiza luego de que el equipo o pieza falla en sus partes, generalmente se aplica cuando el reemplazo es común y de bajo costo y no es efectivo repararlo y / o reutilizarlo en términos de costo.
- **Mantenimiento detectivo:** También conocido como solución de problemas, se basa en el uso de dispositivos que permiten controlar el funcionamiento de equipos o activos bajo ciertos parámetros. Se utiliza principalmente en la industria automotriz donde es importante mantener un control meticuloso de los equipos debido a su alta complejidad.
- **Mantenimiento predictivo:** basado en la inspección para buscar signos de falla del equipo antes de que ocurran cuando se utilizan instrumentos de medición. Pueden ser visuales o con medidas periódicas, como: análisis de vibraciones, termómetro, aceite, ultrasonidos, etc. Estos le permiten conocer el estado del componente y decidir si los cambios o el mantenimiento son factibles.
- **Mantenimiento autónomo:** son las operaciones básicas que realizan los operarios de los equipos, quienes, además del manejo rutinario de la máquina, tendrán (formación previa) un nivel básico de responsabilidad para el mantenimiento y mantenimiento de la máquina. 'Dispositivo, que se incluye en la metodología RCM.

**7. ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?:** En la última pregunta de la metodología RCM, se deben buscar otras opciones de mejora para reducir las fallas en caso de no encontrarlas, esto vendría a implicar revisiones periódicas de funciones ocultas, rediseño del sistema, en las instalaciones, medidas para minimizar los efectos de fallo, procedimientos de operación.



Tabla 2. Las 7 preguntas de la metodología centrada en la confiabilidad

ítem	Descripción de preguntas
1	¿Cuáles son las funciones que debe cumplir los activo y cuál es el desempeño esperado en su actual contexto operacional definido
2	¿de qué forma puede fallar completa o parcialmente el equipo?
3	¿Cuál es la causa de origen de falla funcional?
4	¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
5	¿Cuál es la consecuencia de la falla?
6	¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir la ocurrencia de cada falla funcional?
7	¿Qué puede hacerse si no es posible prevenir o predecir la ocurrencia de cada falla funcional?

Fuente: Ahmadi y otros, 2010

Para responder de las 7 preguntas se emplearán las **herramientas de la metodología RCM**. La primera de las herramientas que corresponde a la metodología es:

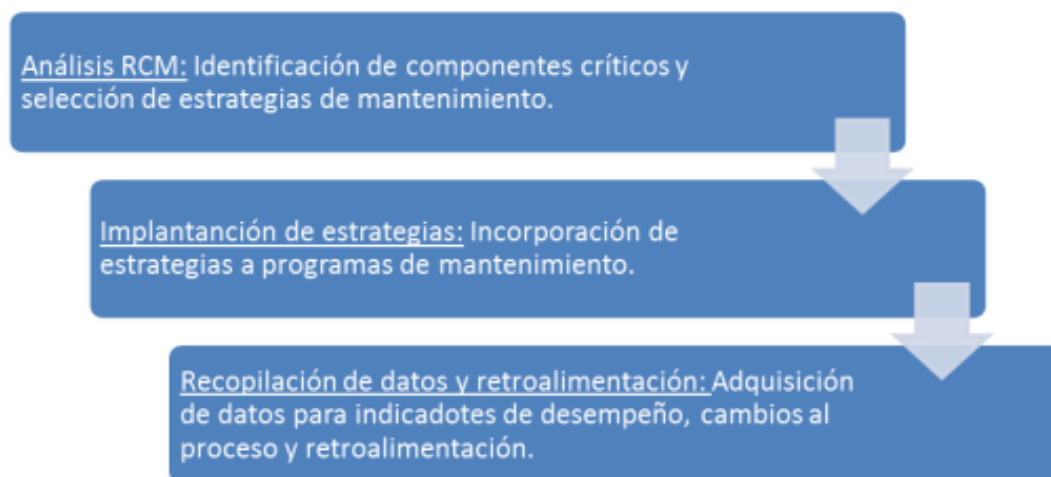


Figura 4. Etapas y ciclo de mejora continua del RCM

**El AMEF o el análisis modal de efectos y fallos** es una de las herramientas principales que se emplea en la metodología RCM para mejorar la gestión del mantenimiento de una empresa, ayuda a responder las 5 primeras preguntas del total. El objetivo de esta herramienta es hallar todos los modos y formas de fallos de los equipos en un proceso establecido. (Parra, 2012).

La técnica o herramienta necesita principalmente identificar los sistemas y las fallas posibles que puede presentar el equipo y luego analizarlos con el AMEF para ver los eventos que producen las averías o fallas. (REA, 2012, p.41)

Definición de función: una función se define como el propósito de un activo en un contexto operativo particular. Es decir, esto es lo que quiere que haga la máquina o dispositivo.

Definición de falla funcional: una falla funcional se refiere a un evento impredecible. En otras palabras, no permite que el activo logre el desempeño previsto en el que opera.

Definición de modos de falla: las fallas funcionales tienen como origen causas físicas, estas causas son lo que la metodología define como modos de falla. Es decir, identifica las razones o motivos por los que da lugar a fallas. Establecer los efectos del incidente: Ocurre cuando ocurre el incidente, es decir, cómo afecta la seguridad de las personas, la producción y el medio ambiente.

La segunda herramienta por utilizar es el **análisis de criticidad o prioridad de riesgos** para ayudar a estimar la probabilidad de un evento adverso y hacer frente a los posibles efectos adversos en los productos, procesos y procesos, proceso o cualquier agente expuesto. Los riesgos ocurren espontáneamente durante períodos de tiempo planificados y definidos:

- La naturaleza de la ocurrencia
- La facilidad de detección
- La exposición del agente de riesgo.
- La probabilidad de ocurrencia del suceso.

- La severidad del impacto.

Tabla 3. Valoración de la prioridad de riesgos

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
G	Gravedad de que ocurra una falla	Poca importancia	1 a 3
		Moderadamente grave	4 a 8
		Grave	9 a 10
F	Frecuencia de ocurrencia de la falla	Muy pequeña	1 a 3
		Mediana	4 a 8
		Alta	9 a 10
D	Detectabilidad o facilidad para encontrar la falla	Alta	1 a 3
		Pequeña	4 a 8
		Muy pequeña	9 a 10
NPR G*F*D	Índice de riesgo	Bajo	1 a 50
		Medio	51 a 100
		Alto	101 a 200

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los factores de ponderación diseñados para la jerarquización de gravedad, frecuencia y detectabilidad de fallos.

Tabla 4. Matriz grado de severidad

GRADO DE SEVERIDAD		
Efecto	criterio	nivel
peligros sin aviso	la falla que afecta la operación segura del equipo, posiblemente poniendo en peligro al operador, la falla ocurre sin advertencia.	10
peligroso con aviso	mal funcionamiento que afecta al equipo para operar con seguridad, posiblemente poner en peligro al operador, la falla con la advertencia	9
muy alto	el producto puede ser rechazado. Se están desechando	8
alto	puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseché. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea o adicción de la mano de obra	7
moderado	puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re TRABAJAR se fuera de la línea y sea aceptada	6
bajo	puede ser que la proporción de corrida de producción tenga que re TRABAJAR se fuera de la línea y ser aceptada	5
muy bajo	puede que el 100% de la producción tenga que re TRABAJAR se ne la estación antes de ser procesada	4
remoto	ser parte de un proceso de producción que debe rehacerse en la estación antes de ser procesado	3
muy remota	ligeramente inconveniente para la operación del proceso o el operador	2
ninguno	sin efecto discernible	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Matriz grado de ocurrencia

CUADRO DE OCURRENCIA		
Efecto	criterio	nivel
Muy alta. Falos muy repetitivos	1 falla al mes	5
alta. Fallos repetitivos	1 falla entre 1 a 3 meses	4
moderada. Fallos ocasionales	1 falla entre 3 a 6 meses	3
bajo. Pocos fallos	1 falla entre 6 meses a un año	2
muy baja. Muy pocos fallos	1 falla cada año	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Matriz grado de detección

GRADO DE DETECCION		
Probabilidad de deteccion	criterio	nivel
casi imposible	sin control de proceso actual. No puede detectarse	10
muy remota	la causa del modo de falla no es fácilmente detectada	9
remota	detección del modo de falla posterior al procedimiento, por el operador por medios visuales, tácticos y audibles	8
muy baja	detección del modo de falla en la estación por el operador a través de los medios visuales, tácticos y audibles	7
baja	detección del modo de falla posterior al procedimiento, por el operador con el uso de gajes de atributo (pasa/no pasa)	6
moderada	detección del modo de falla posterior al procedimiento, por el operador con el uso de gajes o controles que notifiquen al operador (luz; timbre)	5
moderadamente alta	detección del modo de falla posterior al procedimiento por controles automatizados	4
alta	detección de modo de falla en la estación por controles automatizadas	3
muy alta	detección de las causas del fallo en la estación por controles automatizadas que se detectan el error y lo previenen	2
casi cierta	prevención de las causas del fallo como resultado de diseño de un dispositivo, diseño de una máquina, o diseño de la parte	1

Fuente: Elaboración propia

Los resultados finales al multiplicar cada uno de los datos de las tablas anteriores se interpretan con la matriz de criticidad.



*Figura 5. Matriz de criticidad*

El color rojo = Critico > 100 puntos

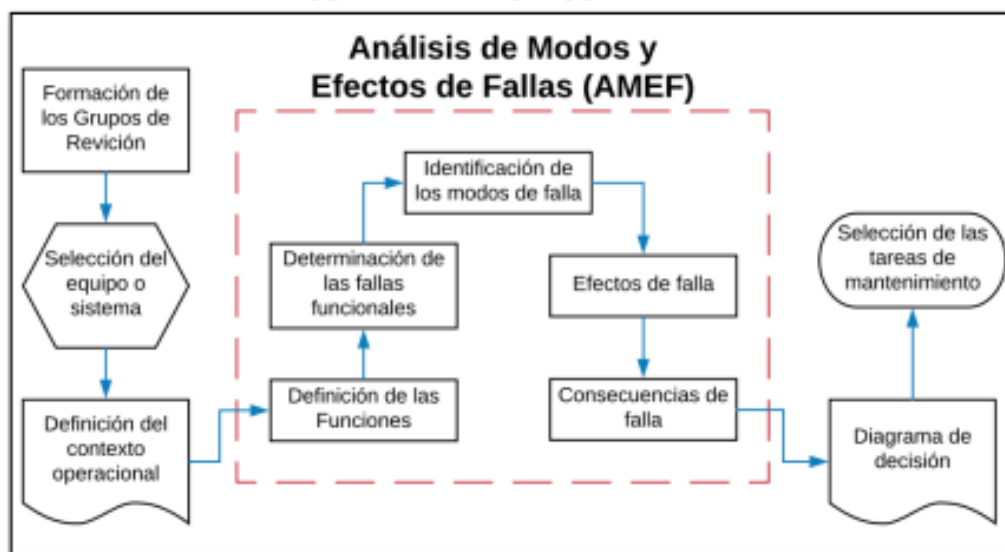
El color amarillo = Semi critico < 100 y > 50 puntos

El color verde = No critico < 50 puntos

**La hoja de decisión** es la tercera herramienta que se utiliza en la metodología RCM, esta permite seleccionar actividades de manera adecuada del mantenimiento para evitar efectos de cada forma de falla.

Se registra las rutinas de mantenimiento a realizar, cada cuanto tiempo y quien lo desarrollará.

En todo caso la metodología RCM como se explicó anteriormente, es representada en un cuadro de resumen de acuerdo con el autor base Mora (2016) de la figura N° 6



*Figura 6. Proceso del RCM*

Seguidamente, para la variable independiente se cuenta con **el mantenimiento centrado en la confiabilidad** de acuerdo con Mora (2016), definió al mantenimiento centrado en la confiabilidad como una filosofía de la gestión del

mantenimiento, que ayuda a identificar las tareas de mantenimiento, con las frecuencias correspondientes de los activos en su situación de operatividad. La metodología RCM es una herramienta de organización de las tareas de gestión de mantenimiento, que sirve para llevar a cabo programas basados en la confiabilidad de los equipos, en relación con su diseño y construcción. (p.444).

El RCM o mantenimiento centrado en la confiabilidad, según Parra (2012), lo definió como una metodología que se emplea para buscar asegurar que los activos físicos de una organización continúen realizando sus funciones en un contexto operacional. La metodología que encarga de encontrar las actividades y las frecuencias de mantenimiento con un análisis funcional para un equipo y/o maquinaria de trabajo.

La primera dimensión lo cual es **la confiabilidad** para Mora (2016) planteó que “la confiabilidad de un equipo es la probabilidad que realice sus operaciones de forma satisfactoria para las que fue diseñado durante un periodo determinado en condiciones normales ambientales, del entorno y de operación” (p.95).

Asimismo, Mora (2016), mencionó que la confiabilidad del equipo se puede medir con los índices de frecuencia en las que surgen las fallas o averías. En el caso de que no se presenten averías, se dice que el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es baja, entonces la confiabilidad es muy aceptable, pero si es baja, resulta baja la confiabilidad. (p.95)

La confiabilidad según el autor es representada por el indicador:

$$C = \frac{TTO - TTP}{NF}$$

Donde:

TTO: Tiempo total operativo

TTP: Tiempo total de parada

NF: Número de fallas

La segunda dimensión es **la mantenibilidad** para Mora (2016), definió a la mantenibilidad como la probabilidad de que un activo pueda iniciar nuevamente sus operaciones funcionales con normalidad, después de que haya presentado una falla o avería que interrumpió sus actividades operativas, a través de actividades de reparación para eliminar las causas que generaron el problema” (p.104).

Según Reliabilityweb (2016), “la mantenibilidad de una instalación o un equipo es la probabilidad de que después de que haya sucedido una falla, sea reparado de forma inmediata en un tiempo determinado” (p.23).

La mantenibilidad según el autor es representada por el indicador:

$$M = \frac{TTR}{NF}$$

Donde:

TTR: Tiempo total de reparación

NF: Número de fallas

La tercera dimensión lo cual es **la disponibilidad**, Mora (2016), definió a la disponibilidad como la “probabilidad de que un sistema o activo realice sus funciones de forma satisfactoria en el momento en que es requerido al comenzar sus operaciones en condiciones óptimas” (p.67).

Según Reliabilityweb (2016), viene a ser la “proporción de tiempo en donde un sistema o activo estuvo operando satisfactoriamente en buen estado” (p.24).

La disponibilidad según el autor es representada por el indicador:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento

MTTR: Tiempo medio de reparación

La variable dependiente es la productividad, en la que el mantenimiento se preocupa más por especificar la cantidad de servicio prestado en un período de tiempo; de lo contrario, es la ejecución de servicios por unidad de tiempo. Para ello, el trabajo directo y lo que conlleva la tarea debe verse principalmente como un recurso. (Mora, 2016, p. 286).

Gutiérrez (2014), expreso que “la productividad se mide en base a la valoración adecuada de los recursos que fueron empleados para generar y producir resultados en la organización. La productividad se compone de la eficiencia y la eficacia” (p.21).

La productividad según el autor es representada por el indicador:

$$\text{Prod} = Efc * Ef$$

Donde:

Efc: Eficiencia

Ef: Eficacia

La primera dimensión denominada **eficiencia**, es lograr las metas establecidas en base a tareas o actividades de reparación y mantenimiento planificado, empleando recursos productivos asignados en proporciones limitadas. Se debe emplear el menos tiempo posible, es decir, reduciendo el tiempo de tareas a realizar. (Mora, 2016, p.289).

La eficiencia según el autor sostuvo que “es la primera definición que sirve para poder medir a la productividad. Por lo que, es la relación entre los resultados alcanzados con los recursos que se utilizaron” (Gutiérrez, 2014, p.21).

“La eficiencia resulta la relación de la producción que se ha obtenido en la empresa verdídicamente y la que se espera, ambos se vinculan con los recursos utilizados por la empresa” (ICB, 2014, P.6).



La eficiencia según el autor es representada por el indicador:

$$Efc = \frac{TTPR}{TTUR}$$

Donde:

TTPR: Tiempo total programado

TTUR: Tiempo total utilizado

La segunda dimensión denominada **eficacia**, para Mora (2016), “la eficacia es llevar a cabo actividades proactivas o correctivas en el mantenimiento. Es decir, se deben cumplir las tareas asignadas y los mantenimientos programados” (p.289).

La eficacia según el autor sostuvo que “es la segunda definición que sirve para poder medir a la productividad. Por lo que es categoría donde se van a realizar las actividades que se planearon y llegar a cumplir los resultados planeados. (Gutiérrez, 2014, p.21)

“Esta medida de la productividad realiza comparaciones de los bienes y servicios en cantidades que se producen en un periodo específico y los recursos utilizados para la entrega los mismos bienes o servicios en un tiempo determinado” (Gupta y Starr, 2015, p.49).

La eficacia según el autor es representada por el indicador:

$$Ef = \frac{ER}{EP}$$

Donde:

ER: Entregas realizadas

EP: Entregas programadas

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación por su naturaleza es aplicado, como plantea Valderrama, “señala que se fundamenta en bases teóricas para proporcionar soluciones a las cuestiones y así ocasionar una mejor condición en la situación actual en la que se encuentran las personas en el contexto de la sociedad” (2013, p.164).

La investigación es aplicada porque a partir de fuentes teóricas se busca dar solución a los problemas de la baja productividad ocasionados por falta de un adecuado mantenimiento en los tractos camiones de la empresa. Es por ello que a partir de la metodología RCM se busca mejorar la situación en la que se encuentra la población.

“Por su enfoque es cuantitativo, ya que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con medición estadística y numérica, con el fin de establecer verificación de teorías de variables basadas en el comportamiento” (Hernández et al., 2014, p.4).

La investigación es cuantitativa ya que con la información que se obtiene recolectado con los instrumentos van a ser procesados y se obtendrán como resultados datos numéricos y medibles.

Por su nivel es descriptivo porque “van a representar las características fundamentales de los causantes del problema, así como las categorías y detalles del objeto a estudiar” (Bernal, 2010, p.113). Del mismo modo es explicativa dado que en el estudio planteado se detallan el porqué de las cosas, fenómenos, situaciones, etc.

La investigación presenta un nivel descriptivo y explicativo como describirá, explicará y representará la principal causa del problema eventos o fenómenos que causan baja productividad en la empresa por falta de seguro mantener el equipo en estudio.

El diseño de investigación experimental “es cuando la variable independiente es manipulada para examinar los efectos que suceden en la variable dependiente” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.130).

Para el estudio, el diseño es experimental porque se modificará la variable de mantenimiento enfocada en confiabilidad y se observará su efecto sobre la variable de rendimiento. Al mismo tiempo, es preexperimental porque cumple con las características del muestreo no aleatorio, el cual será evaluado mediante un pre-test y un post-test para analizar los resultados luego de aplicar el conjunto.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variable independiente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad**

##### **Definición conceptual**

Según Mora (2016), definió al mantenimiento centrado en la confiabilidad como una filosofía de gestión del mantenimiento que define las tareas de mantenimiento, con la correspondiente frecuencia de los activos en situación operativa. La metodología RCM es una herramienta para organizar las tareas de gestión de mantenimiento, ayudando a ejecutar programas basados en la confiabilidad de los equipos, en relación a su diseño y construcción. (p.444).

##### **Definición operacional**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una metodología que está relacionado con la mantenibilidad, confiabilidad y la disponibilidad de los equipos y que serán medidas a través de las hojas de registro para identificar su situación.

##### **Dimensión 1: Confiabilidad**

Mora (2016) planteó que “la confiabilidad de un equipo es la probabilidad que realice sus operaciones de forma satisfactoria para las que fue diseñado durante un periodo determinado en condiciones normales ambientales, del entorno y de operación” (p.95).

$$C = \frac{TTO - TTP}{NF}$$

Donde:

TTO: Tiempo total operativo

TTP: Tiempo total de parada

NF: Número de fallas

La escala de medición para la dimensión confiabilidad es la razón.

### **Dimensión 2: Mantenibilidad**

Mora (2016), definió a la mantenibilidad como la probabilidad de que un activo pueda iniciar nuevamente sus operaciones funcionales con normalidad, después de que haya presentado una falla o avería que interrumpió sus actividades operativas, a través de actividades de reparación para eliminar las causas que generaron el problema” (p.104).

$$M = \frac{TTR}{NF}$$

Donde:

TTR: Tiempo total de reparación

NF: Número de fallas

La escala de medición para la dimensión mantenibilidad es la razón.

### **Dimensión 3: Disponibilidad**

Mora (2016), definió a la disponibilidad como la “probabilidad de que un sistema o active realice sus funciones de forma satisfactoria en el momento en que es requerido al comenzar sus operaciones en condiciones óptimas” (p.67).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento

MTTR: Tiempo medio de reparación

La escala de medición para la dimensión disponibilidad es la razón.

### **Variable dependiente: Productividad**

#### **Definición conceptual**

La productividad del mantenimiento se preocupa más por informar el número de servicios prestados durante un período de tiempo; de lo contrario, es la ejecución de servicios por unidad de tiempo. Para ello, el trabajo directo y lo que conlleva la tarea debe verse principalmente como un recurso. (Mora, 2016, p. 286).

#### **Definición operacional**

La productividad está relacionada con la eficiencia y eficacia de los equipos, el cual serán medidas a través de las hojas de registro para identificar su situación

#### **Dimensión 1: Eficiencia**

La eficiencia es lograr las metas establecidas en base a tareas o actividades de reparación y mantenimiento planificado, empleando recursos productivos asignados en proporciones limitadas. Se debe emplear el menos tiempo posible, es decir, reduciendo el tiempo de tareas a realizar. (Mora, 2016, p.289).

$$Efc = \frac{TTPR}{TTUR}$$

Donde:

TTPR: Tiempo total programado

TTUR: Tiempo total utilizado

La escala de medición para la dimensión eficiencia es la razón.

#### **Dimensión 2: Eficacia**

Para Mora (2016), “la eficiencia es llevar a cabo actividades proactivas o correctivas en el mantenimiento. Es decir, se deben cumplir las tareas asignadas y los mantenimientos programados” (p.289).

$$Ef = \frac{ER}{EP}$$

Donde:

ER: Entregas realizadas

EP: Entregas programadas

La escala de medición para la dimensión eficacia es la razón.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

“Una población es un conjunto de objetos, personas, que tienen al menos una característica común para la cual la investigación es de interés o se basa en alguna información. La población puede ser finita o infinita” (García, 2017, p.10).

La población estará conformada por 14 tractocamiones en estudio de acuerdo con el inventario de la empresa.

#### **Muestra**

Según Silvestre y Huamán (2019, p.314) “la muestra representativa debe poseer la misma característica del universo o población en estudio”. Dicho esto, los autores indicaron que constituye un grupo representativo del total de sujetos u objetos materia de estudio.

El tipo de muestra de la investigación es no probabilística, porque la selección de los elementos ha dependido de los propósitos y características que se busca lograr en el estudio el investigador, mas no se basa en la probabilidad.

La muestra es igual a la población por tener una cantidad finita de elementos que lo componen, es decir que estará conformado los por 14 tractocamiones.

#### **Muestreo**

Ñaupas et al. (2018) “determinaron con respecto al muestreo que es un procedimiento que permite seleccionar las unidades de investigación que integrarán la muestra, con el fin de recolectar los datos requeridos por la investigación a realizar” (p. 336).

El muestreo de la investigación es no probabilístico por conveniencia del investigador debido al acceso de la información.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Se utilizaron las técnicas de la observación y el análisis documental para la obtención de datos.

El análisis documental de acuerdo con Espinoza (2014), “La técnica del análisis documental lo conforman documentos como los registros, la entrevista, las actas, la información estadística de las instituciones o empresas que muestren datos de sus funcionalidades”

En la investigación el análisis documental será empleado para las dimensiones de eficiencia, eficacia, confiabilidad y mantenibilidad debido a que se requerirán registros y documentación histórica sobre los tiempos de fallas, la cantidad de fallas, los tiempos operativos, etc.

La observación según Espinoza “es una técnica que recoge información que otorga la sistematización y acumulación de datos sobre el objeto a investigar mediante la verificación visual” (2014).

La observación se requerirá para conocer a la empresa, hacer el inventario de los equipos tractocamiones para realizar el mantenimiento correspondiente, del mismo modo, se harán uso para las dimensiones de eficiencia y eficacia para observar las entregas que se realizan en un periodo de tiempo.

#### **Instrumentos**

En el presente trabajo de investigación, se utilizarán instrumentos de recolección como las fichas de recolección de datos para los tiempos de operación y reparación,



las hojas de registro para las dimensiones de confiabilidad, mantenibilidad, eficiencia y eficacia.

Según Valderrama (2015), mencionó que los instrumentos de recolección son medios que emplean los investigadores para almacenar información por fuentes materiales. Estos pueden ser encuestas, formularios, pruebas de conocimiento. Check list, inventario, etc. Se deben emplear los instrumentos que serán necesarios en el estudio de las variables. (p.195).

A continuación, se muestran la validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.

### **Validez**

La validez del instrumento de recolección por el juicio de expertos es un modo para valorar los resultados, requiriendo al criterio o juicio de profesionales de cada especialidad, con la finalidad de comprobar la consistencia y el contenido de cada indicador designado. (Valderrama, 2015, p.199).

Entonces, en la investigación los instrumentos de recolección de datos como: La ficha de recolección de datos fue validado por el juicio de 3 profesionales expertos en la especialidad de Ingeniería Industrial, ver anexo 7.

Tabla 7. Validez de instrumentos por juicio de expertos de Ingeniería Industrial

<b>Experto</b>	<b>Grado de instrucción</b>	<b>Resultado</b>
Pedro Pacherez Acaro	Doctor	Aplicable
Roberto Farfán Martínez	Magister	Aplicable
Mary Laura Delgado Montes	Magister	Aplicable

Fuente: Elaboración propia

### **Confiabilidad**

“La confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos se describe como el nivel de aplicación y manejo firme, en el mismo objeto de estudio y arroja resultados sólidos y semejantes en función de cálculos previos” (Valderrama, 2015, p.215).

Los instrumentos en función a la escala de medición de la confiabilidad entre el 0 al 100, se encuentran en un rango de 0.72 a 0.99, es decir tienen una excelente confiabilidad los cuales fueron aplicados en los 14 tractotractocamiones de la empresa en estudio.

### **3.5. Procedimientos**

Para realizar el proceso de recolección de datos con los instrumentos de medición estructurados se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones.

Paso 1. Lo primero que se realizó en la investigación fue plantear los objetivos de las variables que se desean medir y sea realizable en función al tiempo. En este caso se desea conocer a la empresa con el problema y sus causas relevantes como: Cuantas fallas han presentado los equipos de carga al realizar el recorrido terrestre hacia los clientes, en caso de que la entrega no llegue a su destino a tiempo causan inconvenientes para la empresa por inoperatividad de los tractos tractocamiones; se representa con el diagrama de Ishikawa y Pareto.

Paso 2: Luego se determinan los medios de donde se extraerán los datos para el estudio, los horarios de trabajo, la ubicación de la empresa e información respecto a los reportes de mantenimiento de los vehículos y el personal a cargo.

Paso 3. En este punto se definen los métodos de recolección de información que se emplearan, en este caso se utilizará la observación directa de la situación actual de la empresa con respecto a la reparación, fallas, mantenimiento, y el análisis documental de fuente confiables y se obtendrán con el permiso de la empresa a través de una carta de presentación; que los instrumentos serán validados por el juicio de expertos de la universidad para la recogida de datos.

Paso 4. Se emplean los programas de Microsoft para ordenar la información obtenida con ayuda del supervisor y los trabajadores. El pretest constara de 8 semanas, luego se realizarán las mejoras empleando la metodología RCM y las herramientas que utiliza y mejorar el indicador de la productividad, luego el post test será de 8 semanas para medir las mejoras que se lograron con la aplicación del método anterior.

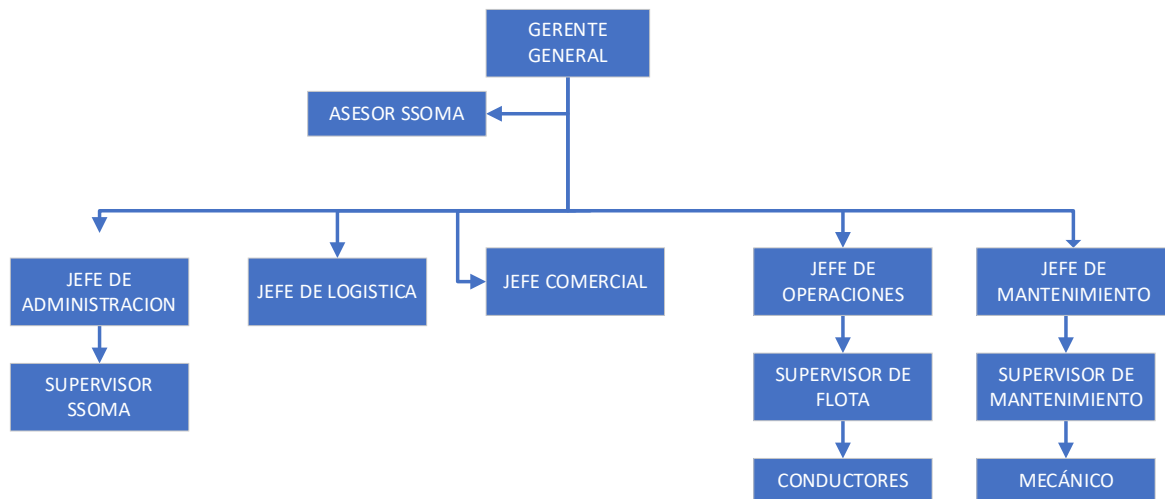
## **Situación actual de la empresa**

### **Información general sobre la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C**

La empresa Látigo Negro S.A.C es una organización que se creó el año 2007. Tiene su sede en Lima y tiene registrado el número de RUC 20516996961, pertenece al servicio logístico constituido bajo el régimen de la Sociedad Anónima Cerrada, cuya actividad principal es el transporte de carga diversa, sobredimensionada y materiales peligrosos por carretera.

La empresa desarrolla sus actividades en los sectores energético, petrolero, minero, agroindustrial, industrial, construcción; contando con equipos como plataformas cama alta y cama baja, tolvas, cargadores, entre otros. Para efectos del estudio, se han identificado problemas relacionados con la baja productividad de los tractos tractocamiones, ya en los últimos meses ha presentado paradas, fallos en sus componentes a falta de un plan de mantenimiento, personal no capacitado, falta de conocimiento, etcétera.

Por ello, se desea brindar soluciones a la empresa a fin de que el indicador productividad, disponibilidad se incremente. Se presenta el organigrama de la empresa el cual está dividido en 5 áreas y cada una de ellas se muestran jefaturas y sus funciones; se realiza un esquema para tener una visión clara de cómo se encuentra estructurada.



*Figura 7. Organigrama de la empresa*

Con base en lo anterior, se puede definir que la estructura organizativa de la empresa es vertical o clásica, porque presenta fácilmente una pirámide jerárquica, con todas las Unidades que se mueven, según su jerarquía, de arriba hacia abajo. en un ranking jerárquico descendente.

#### Misión

Transportar con excelencia por el progreso peruano con su mejor gente, para el crecimiento de nuestros clientes, colaboradores, proveedores y comunidad.

#### Visión

Ser reconocida como la compañía líder en el Perú en brindar el mejor sistema de transporte especializado.

#### Valores

La empresa maneja valores, los que son cumplidos y compartidos entre los colaboradores como con los clientes que participan en los servicios que son requeridos.

- Pasión.
- Integridad.
- Seguridad.
- Excelencia

#### Ubicación de la empresa

La empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C se encuentra ubicada en la Asociación las Casuarinas Mz. A Lt. 6 San Juan de Pariachi, Distrito de Ate, Provincia y Departamento de Lima, debidamente representada por su representante legal Sr. Leo José Arias Zevallos.



*Figura 8. Croquis de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C*

#### Descripción del proceso de servicios

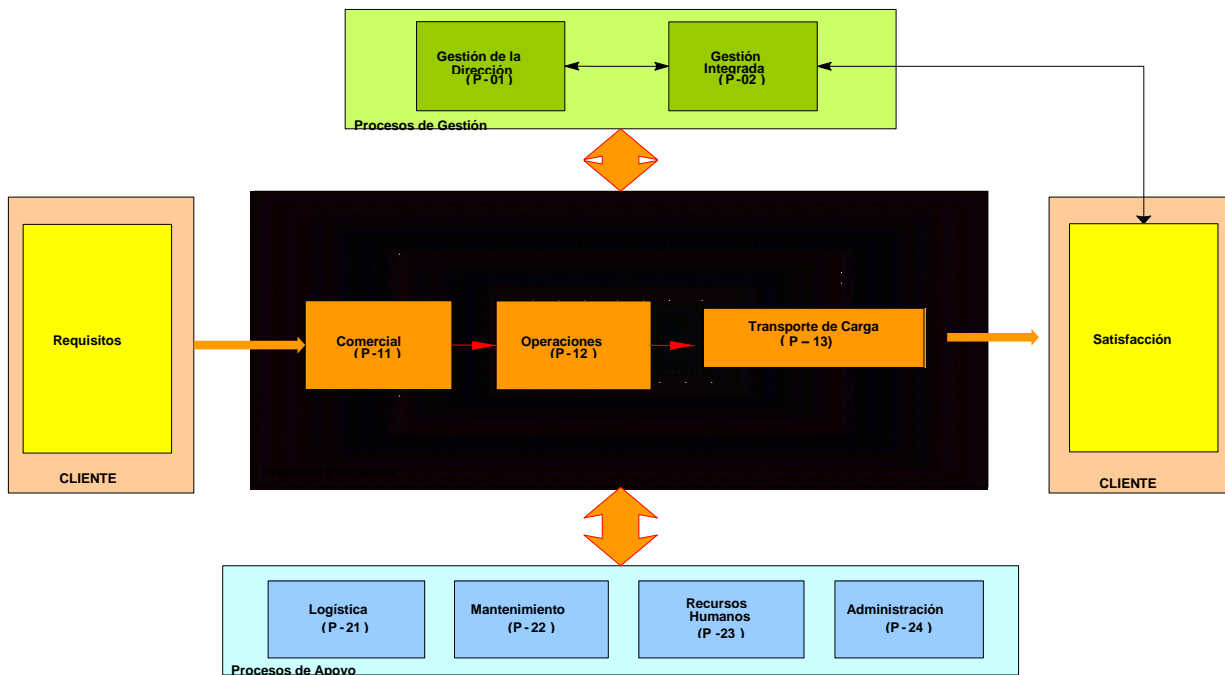
Como empresa, nos hemos involucrado en la mayoría de los proyectos más importantes desarrollados en las costas, sierra y selvas de Perú para los sectores industrial, minero, eléctrico, construcción, gas y petróleo, entre otros campos. Comprometidos con la calidad y el servicio al cliente desde 2004. Entre los clientes más importantes de la empresa se encuentran: Dinnet, Ransa, Antamina, Las bambas, Unacem, etc. Los principales servicios que brinda la empresa son:

Tabla 8. Descripción del proceso de servicios

SERVICIOS PRINCIPALES		
SERVICIOS ESPECIALES	MATERIALES PELIGROS	GARGA GENERAL
<p><b>CAMABAJAS</b></p> <p>El camión de plataforma donde se deposita la carga a transportar se encuentra totalmente abierta, contando únicamente con una base capaz de soportar grandes cargas.</p> 	<p><b>FISCALIZADOS</b></p> <p>Traslado de bienes fiscalizados propios, considerado como Transporte de Bienes Fiscalizados, según la definición señalada en el numeral 31) del artículo 2° del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1126.</p> 	<p><b>TRANSPORTE DE GRANOS</b></p> <p>Como se trata de productos alimenticios de consumo humano, los cuales tienen características físicas y en alguna alta periodicidad, son factores que coadyuvan en el fácil almacenamiento, manipulación y distribución.</p> 
<p><b>CAMACUNAS</b></p> <p>Tenemos a su disposición camacunas para cargar maquinaria, estructuras o cualquier objeto voluminoso.</p> 	<p><b>HIDROCARBUROS</b></p> <p>El transporte de hidrocarburos incluye desde las refinerías hacia las plantas de abastecimiento.</p> 	<p><b>MERCADERIAS DIVERSAS</b></p> <p>Nuestro tráiler con plataforma extensible es el tráiler con mayor dimensión de carga de todos, pudiendo incluso llegar a alcanzar los 28,63 metros de largo con la plataforma desplegada por completo y 13,5 metros con la plataforma cerrada, y con un peso máximo de carga de 24 toneladas. No hay carga que se le resista a nuestro tráiler de plataforma extensible.</p> 
<p><b>EXTENSIBLES</b></p> <p>Para el transporte de materiales extralargos disponemos de más de 10 tractocamiones con la capacidad de transportar productos de hasta 17 metros de largo.</p> 	<p><b>EXPLOSIVOS</b></p> <p>La manipulación de explosivos para la minería requiere sumo cuidado. Todo el personal involucrado en la carga y disparo de voladuras debe cumplir estrictamente con los procedimientos que las empresas y la legislación del sector han establecido. Nuestros profesionales siempre efectúan recomendaciones básicas de seguridad.</p> 	
<p><b>CAMIONETAS ESCOLTAS</b></p> <p>Contamos con camionetas 4x4 totalmente equipadas y acompañan la carga desde el punto de origen hasta el punto de destino.</p> 		

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, en cuanto a los procesos, con el objetivo de conocer mejor y más profundamente el funcionamiento y el desempeño de los procesos y las actividades en los que se halla involucrada la empresa se divide en 3 procesos fundamentales: Proceso estratégico, operativo y de apoyo.



*Figura 9. Mapa de procesos*

Fuente: Empresa Látigo Negro S.A.C

El proceso inicia con la coordinación de la Jefatura de Operaciones y/o Jefatura Administrativa con los clientes para designar el origen, día y hora de carga y descarga de las unidades. Aquellas unidades que se encuentren esperando autorización para descarga, tienen orden de inamovilidad salvo disposición contraria de Jefatura de Operaciones.

El área de Operaciones será responsable del control, seguimiento y monitoreo de la programación de los viajes realizada por el área respectiva o las realizadas por el cliente. En el caso de viajes a provincia el jefe de Operaciones o quien el designe debe proporcionar al conductor formatos de ruta. En caso de que el Cliente cuente con un formato similar se hará uso de su formato para evitar duplicidad. A todos los

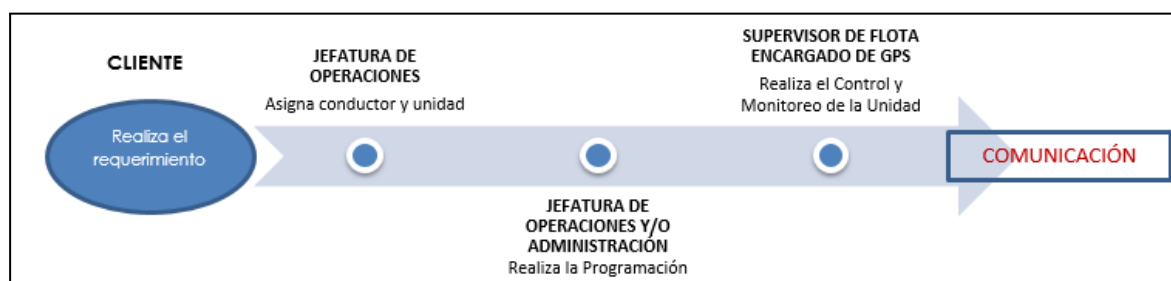
conductores se les asignará equipos de comunicación. Los conductores mantendrán comunicación permanente con el área de Operaciones.

El uso del GPS permitirá el control, seguimiento y monitoreo de las unidades en tiempo real y la verificación aleatoria por parte del Supervisor de seguridad y/o Jefe de Operaciones de los tiempos y paradas consignada por el conductor. La Jefatura de Operaciones solicitará trimestralmente un reporte de operatividad de GPS a los proveedores de servicio. El Supervisor de Flota será encargado de GPS, brindará información a la Jefatura de Operaciones respecto a situaciones sospechosas como puntos de parada no autorizados y demoras en puntos de parada autorizadas.

El Supervisor de Flota encargado de GPS realiza reportes de GPS, cada vez que exista una emergencia y/o a solicitud de alguna Gerencia o Jefatura, así como a solicitud de alguno de los clientes, donde se evidencia las paradas no autorizadas que tardan más de 3 minutos (salvo que sea justificado por actividades propias de las operaciones). Éstas se presentarán a la Jefatura de Operaciones para revisar las evidencias que puedan generar sospechas que desencadenen en acciones a tomar contra el o los involucrados.

Adicionalmente de manera aleatoria, el Supervisor de Flota encargado de GPS y/o El Supervisor SSOMA, a través del GPS debe de verificar las paradas realizadas por el conductor en zonas no autorizadas y consideradas críticas.

De manera más resumida el proceso general de programación, control y monitoreo comprende las siguientes actividades:



*Figura 10. Proceso de programación, control y monitoreo de las actividades de transporte*

Fuente: Empresa Látigo Negro S.A.C



## Descripción de las causas del problema

- Falta de mantenimiento preventivo

La falta de mantenimiento preventivo en la empresa ha generado mayor riesgo de averías en los equipos, produciéndose el desgaste progresivo de los componentes, suciedad en los circuitos y paradas no planificadas por averías.



*Figura 11. Falta de mantenimiento preventivo*

- Constantes fallas de los vehículos en ruta

A consecuencia de no tener un mantenimiento preventivo en los tractos tractocamiones, existen las constantes fallas de los vehículos en ruta ocasionando demoras en las entregas de los pedidos y generando una satisfacción en los clientes disminuyendo la productividad de los equipos.



*Figura 12. Constantes fallos de los vehículos en ruta*

- Falta de conocimiento para realizar un buen mantenimiento

Los técnicos y operadores encargados de cada flota vehicular no cuentan con conocimientos adecuados de cómo debe realizarse un buen procedimiento de mantenimiento, por ende, tienden a tercerizar los servicios cada que se realizan los mantenimientos correctivos, estos resultan muy costosos para la empresa.



*Figura 13. Falta de conocimiento para realizar mantenimiento*

- Demoras de los tractocamiones al punto de llegada

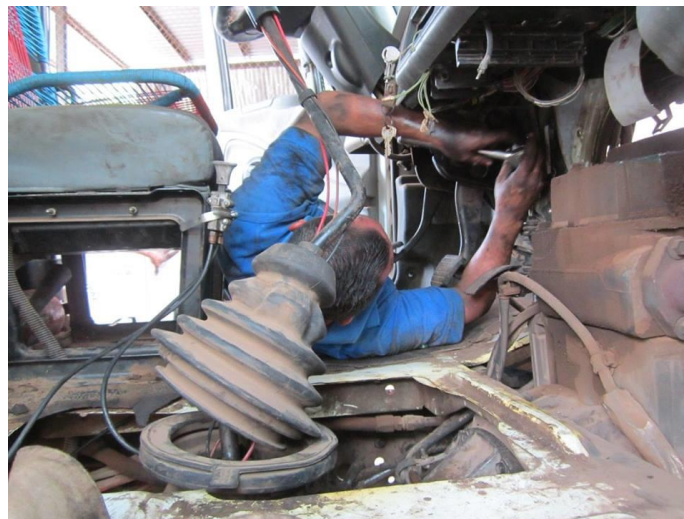
Las demoras de los tractocamiones al punto de llegada son recurrentes por los desperfectos que se presentan en los sistemas funcionales, estos inconvenientes deterioran los componentes de los equipos a largo plazo disminuyendo la vida útil de los activos e incluso los niveles de riesgo podrían aumentarse y repercutir en la vida de los conductores.



*Figura 14. Demora de llegada del camión a su punto asignado*

- Personal no capacitado

El personal de mantenimiento no está capacitado para realizar algunas funciones específicas en la empresa a falta de un cronograma de capacitaciones.



*Figura 15. Personal no capacitado*

- Formatos inadecuados para el registro de fallas

Se producen fallas en los equipos en el transcurso del recorrido por no realizar las verificaciones, inspecciones correspondientes antes de la salida de cada vehículo; es decir; no existen formatos adecuados en el área de mantenimiento para registrar cada evento que se pueda presentar.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		Código:
BITÁCORA DE UNIDAD		Revisión:
		Fecha:
		Página:
FORMA 03-02-20	CONDUCTOR:	RNE 118631
PLACA TRACTO:	PLV. DATE:	11-12-20
PLACA ADEPLADO:	TRJ. CIRCULACIÓN:	20-11-27
<b>SALIDA</b> Fecha: 03-02-20		
Ruta:	Chilca - Antamina	
Carga:	bales de Acero	
Kilometraje:	318231	
O/S:	Conducen en Condiciones adversas	
Guía de remisión:	002-0005437	
Guía de Transportista:	0004-000974	
Llegada:	sin novedad	
Observaciones:	Vehículo Operativo	
<b>RETORNO</b> Fecha: 05-02-20		
Ruta:	Antamina - Lima	
Carga:	Vale	
Kilometraje:	318224	
O/S:	Conducen en Condiciones adversas	
Guía de remisión:	-	
Guía de Transportista:	-	
Llegada:	sin novedad	
Observaciones:	Vehículo Operativo	
<b>Levantamiento de Observaciones</b> Fecha de mani:		
Motor	OK	
Sistema Eléctrico	OK	
Sistema de Frenos	OK	
Sistema de Embreyo	OK	
Sistema de Transmisión	OK	
Sistema Hidráulico	OK	
Sistema de Dirección y Filtro	OK	
Sistema de Dirección	OK	
Cambio de Chasis	OK	
Observaciones:	Se cambió aceite 318218 Km. Se cambió 338618 Km. Se cambió los pastillas de la E. H. de freno 318630 Km. 31-01-20	
Se revisó sistema de tiempo paravento.		
Conductor:	Coordinador de Mantenimiento:	Jefe de Operaciones:

Figura 16. Formatos inadecuando

- Falta de supervisión de mantenimiento

No hay supervisión a la hora de realizar el mantenimiento, por ende, cada técnico realiza el procedimiento que más le convenga o conozca ya que no existen instructivos correspondientes para cada actividad que se realice.

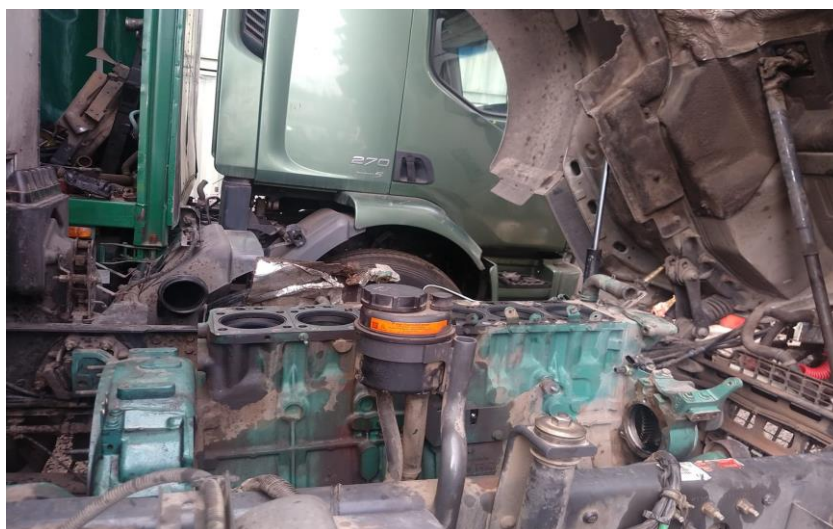


Figura 17. Falta de supervisión de mantenimiento


## Recopilación de información PRETEST

**Variable independiente:** RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)

### Indicador: Confiabilidad

La confiabilidad indica la probabilidad de funcionamiento sin que ocurran fallas en los tractotractocamiones de la empresa. Se mide al indicador confiabilidad en un periodo de 8 semanas en base a datos números, se mide en función al tiempo total de funcionamiento, al tiempo total de reparación y al número de fallas.

Tabla 9. Pretest de la confiabilidad en los meses de febrero a marzo

PRETEST FEBRERO-MARZO				
	Confiabilidad (C)		$C = \frac{TTO - TTP}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$ <small>Donde: TTO: Tiempo total operativo TTP: Tiempo total de parada</small>	
	Semana	TTO (Horas)	TTP (Horas)	N° Fallas
	1	1006.8	114.6	13
	2	915.6	112.3	9
	3	910.6	83.5	10
	4	905.6	97.6	12
	5	920.3	109.6	11
	6	915.6	103.3	12
	7	903.4	117.6	9
	8	919.5	106	10
	PROMEDIO			77.25

Fuente: Elaboración propia

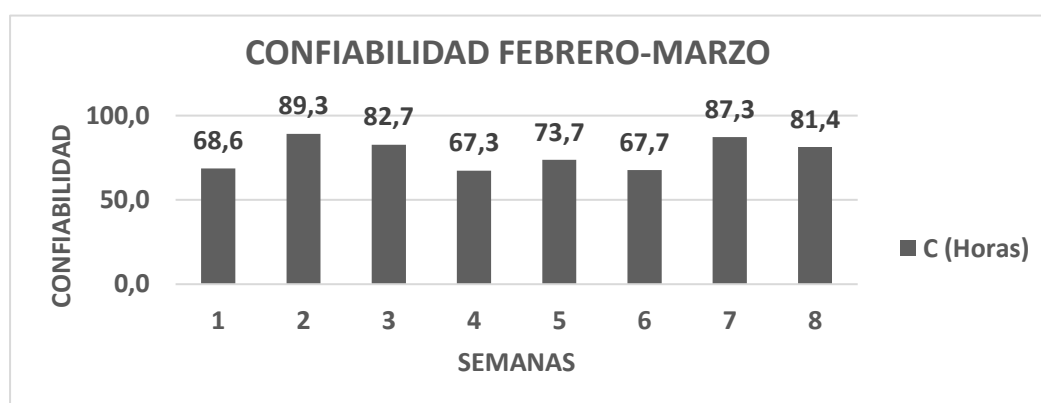


Figura 18. Confiabilidad febrero-marzo pretest


En la tabla N°9 se demuestra que en los datos obtenidos en 8 semanas obtenemos como promedio 77.25 horas de buen funcionamiento por parte de los tractotractocamiones sin que presenten falla alguna, dicho indicador aumentara después de la mejora.



## Indicador: Mantenibilidad

La mantenibilidad indica el tiempo que tarda en volver a condiciones operativas los tractotractocamiones después de haber ocurrido un desperfecto no previsto. Se mide al indicador mantenibilidad en función al tiempo total de reparación y al número de fallas en un periodo de 8 semanas en los meses de febrero y marzo.

Tabla 10. Pretest de la mantenibilidad en los meses de febrero a marzo

PRETEST FEBRERO-MARZO			
	Mantenibilidad (M)	$M = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$ Donde: TTR: Tiempo total de reparación	
	Semana	TTR (Horas)	N° Fallas
	1	110.3	13
	2	75.9	9
	3	89.7	10
	4	105.3	12
	5	101.6	11
	6	115.6	12
	7	100.2	9
	8	87.5	10
PROMEDIO			9.2

Fuente: Elaboración propia

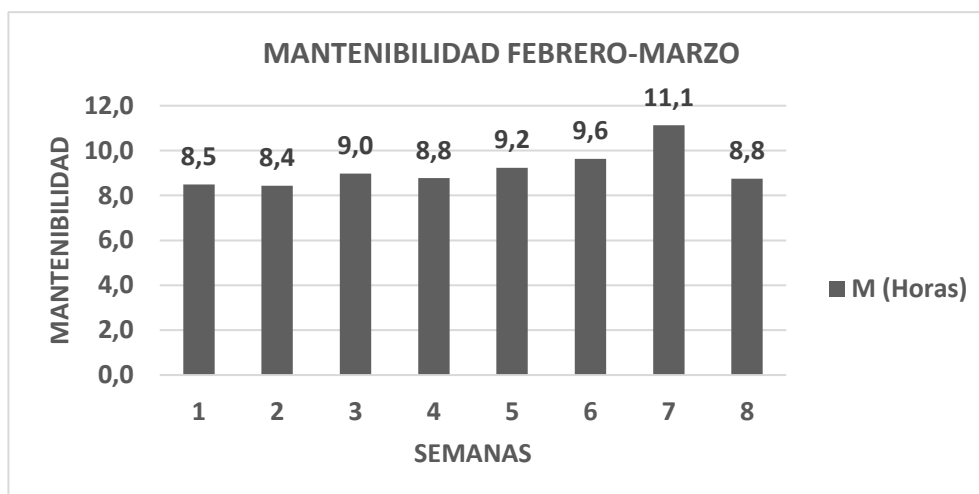



Figura 19. Mantenimiento febrero-marzo pretest

En la tabla N° 10 se evidencia que los datos obtenidos en 8 semanas se obtiene un promedio de 9.2 horas utilizadas para poner operativos los tractotractocamiones, dichas horas de reparación reducirán después de la mejora.

## Indicador: Disponibilidad

La disponibilidad indica la probabilidad funcional de que los tractotracatocamiones al momento de ser requerido por la empresa se encuentren en condiciones normales.

Tabla 11. Pretest de la disponibilidad en los meses de febrero a marzo

PRETEST FEBRERO-MARZO			
	Disponibilidad		$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ <p>Donde: <math>D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}</math>            MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento            MTTR: Tiempo medio de reparación</p>
Semana	C (Horas)	M (Horas)	DISP
1	68.63	8.48	89%
2	89.26	8.43	91%
3	82.71	8.97	90%
4	67.33	8.78	88%
5	73.70	9.24	89%
6	67.69	9.63	88%
7	87.31	11.13	89%
8	81.35	8.75	90%
PROMEDIO			89.30%

Fuente: Elaboración propia

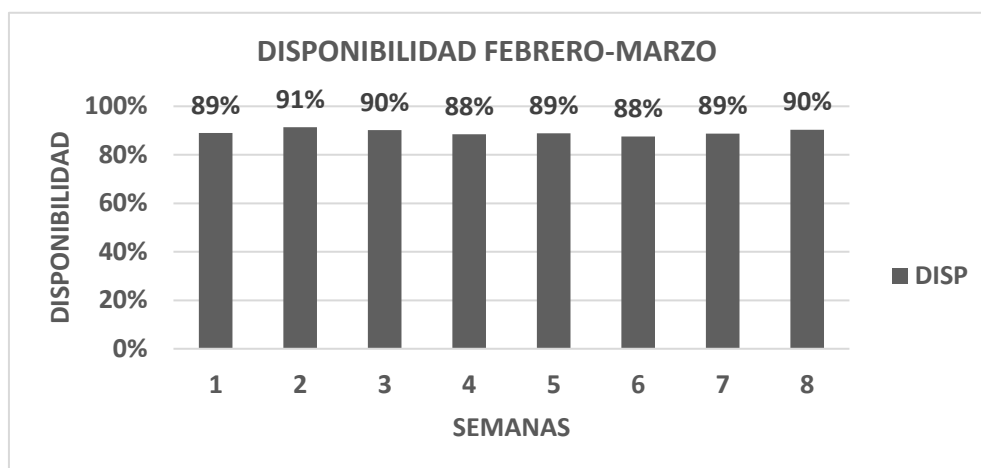



Figura 20. Disponibilidad febrero-marzo pretest

En la tabla N° 11 se refleja que los datos obtenidos en 8 semanas en los meses de febrero y marzo nos dan un promedio de 89.3% de disponibilidad funcional al momento de ser requerido por la empresa, dicho valor es un problema para la empresa que busca corregir mediante la aplicación de la mejora.

**Variable dependiente:** Productividad

Refleja el nivel porcentual de productividad de los tractotractocamiones de la empresa Látigo Negro en función a la eficiencia y eficacia. El pretest se realiza en un periodo de 8 semanas en los meses de febrero y marzo para dicha variable.

Tabla 12. Pretest de la productividad en los meses de febrero a marzo

PRETEST FEBRERO-MARZO			
	Productividad	P=Efc x Ef	
Semana	Efc	Ef	Prod
1	90%	86%	77%
2	91%	88%	80%
3	91%	90%	82%
4	90%	89%	80%
5	88%	91%	80%
6	89%	91%	80%
7	92%	89%	82%
8	92%	86%	80%
PROMEDIO			80.17%

Fuente: Elaboración propia

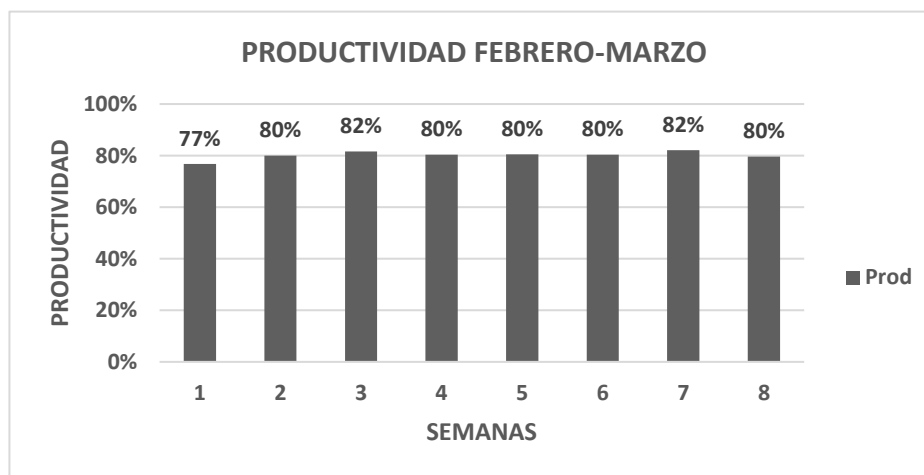


Figura 21. Productividad febrero-marzo pretest


En la tabla N° 12 se evidencia que los datos obtenidos en las 8 semanas nos reflejan un promedio de productividad de 80.17% por parte de los tractotractocamiones, este nivel porcentual está por debajo de la meta fijada por la empresa que corresponde a 90%, se espera cambios después de la mejora.



## Indicador: Eficiencia

Indica el nivel porcentual de eficiencia a través de los tiempos de ruta utilizados por los tractotractocamiones durante la prestación del servicio. El pretest se realiza en un periodo de 8 semanas en los meses de febrero y marzo para dicha variable en función al tiempo total programado y tiempo total utilizado.

Tabla 13. Pretest de la eficiencia en los meses de febrero a marzo

PRETEST FEBRERO-MARZO			
	Eficiencia		$Efc = \frac{TPR}{TTUR}$ Donde: TTPR: Tiempo total programado TTUR: Tiempo total utilizado
	Semana	TTPR (Horas)	TTUR (Horas)
	1	1325.82	1480.50
	2	1271.50	1395.90
	3	1150.10	1269.00
	4	1065.60	1184.40
	5	1269.30	1438.20
	6	1200.60	1353.60
	7	1089.90	1184.40
	8	1133.60	1226.70
PROMEDIO			90.33%

Fuente: Elaboración propia

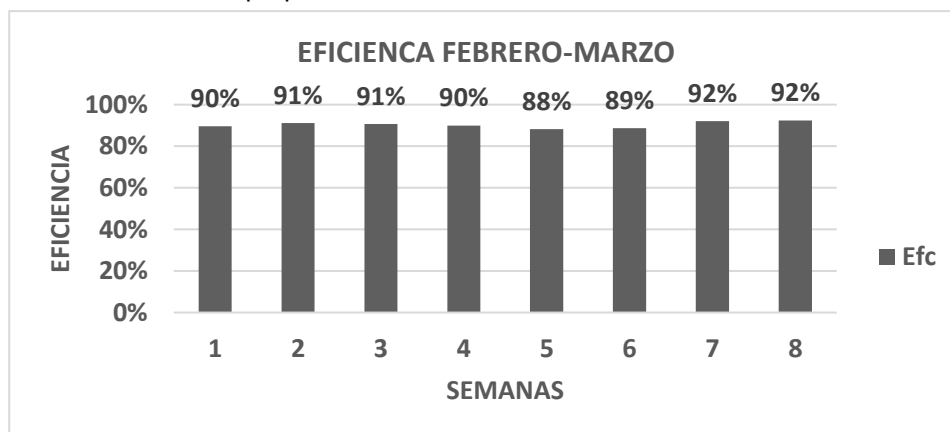



Figura 22. Eficiencia febrero-marzo pretest

En la tabla N° 13 podemos observar los datos obtenidos en 8 semanas un promedio de eficiencia equivalente a 90.33% por parte de los tractotractocamiones al realizar el servicio logístico, luego de la mejora se espera mejorar el índice de eficiencia.

## Indicador: Eficacia

Nos indica el nivel porcentual de eficacia a través de las entregas realizadas o servicios cumplidos según lo acordado con el cliente. El pretest se realiza en un periodo de 8 semanas en los meses de febrero y marzo en función al tiempo de entrega realizado y al tiempo de entrega programada

Tabla 14. Pretest de la eficacia en los meses de febrero a marzo

PRETEST FEBRERO-MARZO			
	Eficacia		$Ef = \frac{ER}{EP}$ Donde: ER: Entregas realizadas EP: Entregas programadas
	Semana	ER (# entregas)	EP (# entregas)
	1	30	35
	2	29	33
	3	27	30
	4	25	28
	5	31	34
	6	29	32
	7	25	28
	8	25	29
	<b>PROMEDIO</b>		<b>88.77%</b>

Fuente: Elaboración propia

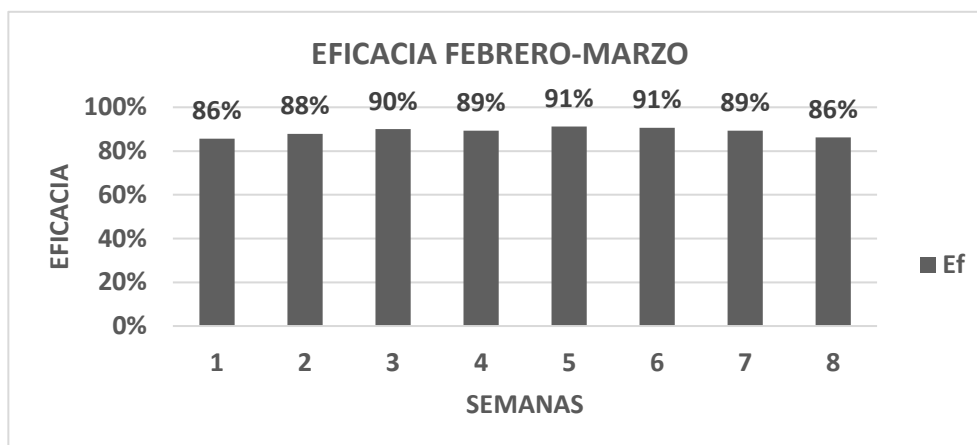


Figura 23. Eficacia febrero-marzo pretest

En la tabla N° 14 se obtiene en las 8 semanas un promedio de 88.77% de eficacia por parte de los tractotractocamiones al realizar el cumplimiento del servicio de manera óptima acordada con el cliente, se espera elevar el índice de eficacia luego de realizada la mejora.

## Propuesta de mejora del mantenimiento centrado en la confiabilidad

La empresa, como se ha podido analizar en los párrafos anteriores presenta problemas de productividad, es por ello por lo que se utilizó las herramientas de Ishikawa y Pareto para diagnosticar a raíz las causas; luego de conocer esta información se emplearon instrumentos de medición para conocer la situación de la empresa en función de indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (Pretest). Se muestra las posibles soluciones de las causas más relevantes en la matriz causa-solución.

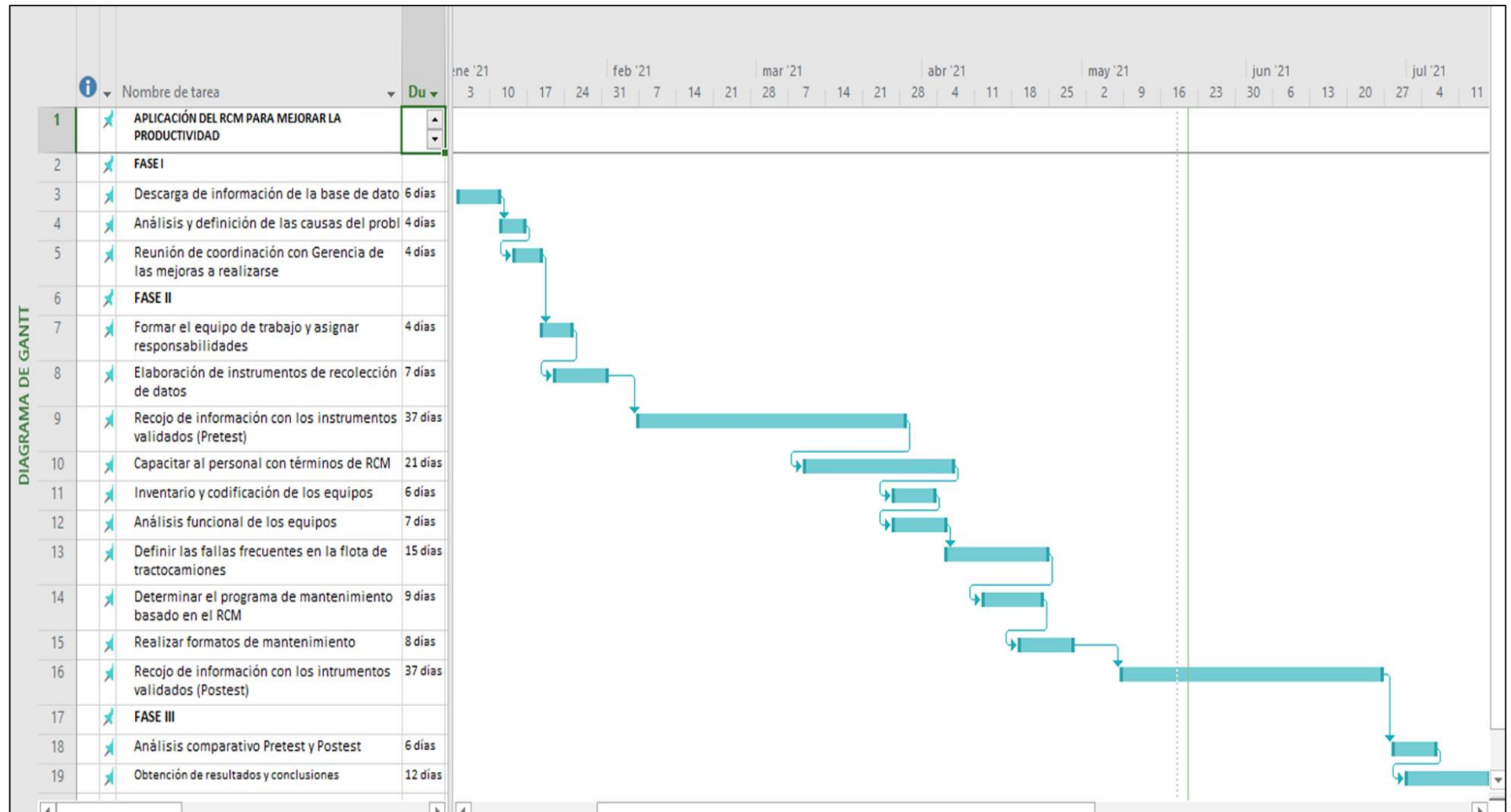
Tabla 15. Matriz causa solución del problema de la baja productividad

Causas	Solución
Falta de mantenimiento preventivo en la flota de tractocamiones	Realizar una lista de inventario de los equipos y determinar el programa de mantenimiento en RCM
Constantes fallas en los vehículos en ruta	Realizar el análisis funcional y definir el de modo y efecto de falla de los tractotractocamiones
Falta de conocimiento para realizar un buen mantenimiento	Realizar capacitaciones constantes sobre mantenimiento a personal a cargo de los tractocamiones
Demoras de los tractocamiones al punto de llegada	Realizar el análisis funcional de los equipos y de las fallas frecuentes
Personal no capacitado para maniobrar maquinarias modernas	Realizar capacitaciones a los operarios con expertos en el tema
Formatos inadecuados para el registro de fallas	Realizar formatos de mantenimiento y capacitar al personal para su uso adecuado
Falta de supervisión de mantenimiento	Formar a los equipos de trabajo y asignar responsabilidades

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar la situación actual de la empresa detalladamente y conocer la problemática, se propone aplicar y poner en práctica el mantenimiento centrado en la confiabilidad para la flota de tractocamiones de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C, por tal motivo, se dará inicio clasificando en jerarquías los equipos involucrados de acuerdo con los registros, contemplando sus funciones que realizan sean principales o secundarias con ayuda del manual del fabricante. Para ello se designarán las actividades correspondientes en el cronograma siguiente.

## Cronograma de la mejora – Diagrama de Gantt



## Aplicación de la metodología RCM

### PASO I

#### Formación del grupo de trabajo RCM y asignación de responsabilidades

Se debe formar un grupo de trabajo RCM para introducir conocimientos sobre la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad hacia el personal de mantenimiento, por lo que se busca que se comprometan y brinden colaboración para realizar la actividad. Es por eso que con el consentimiento de la alta gerencia se forma el grupo de trabajo que a su vez llevarán a cabo las capacitaciones. El grupo multidisciplinario tendrá la siguiente conformación.

Tabla 16. Formación de grupo de trabajo

Cargo	Especialidad	Años de experiencia
Gerente general	Ingeniero industrial	12
Planificador del mantenimiento propio o tercero	Ingeniero mecánico y eléctrico	7
Técnico de campo	Técnico mecánico	3
Técnico de campo	Técnico electricista	3
Técnico de campo	Técnico electrónico	3
Operador de vehículo	Conductor con licencia AIIIB o AIIIC	10

Fuente: elaboración propia

Con la conformación del equipo de trabajo se tendrá la interacción directa con los procesos involucrados de mantenimiento trabajando con información confiable y completa para un panorama más amplio y un análisis más completo para tomar decisiones correctas operativas y administrativas. Las responsabilidades por cada cargo se plantearon de la siguiente manera:

- **Ingeniero mecánico**

Su finalidad es el diseño e instalación de equipos mecánicos o térmicos; Determine sus componentes y especifique materiales, costo y tiempo de entrega. planificar y dirigir las actividades de producción y mantenimiento de maquinaria; Evaluar y mejorar los procesos de conversión de energía.

#### Descripción de funciones

- a) Se participará en la elaboración del programa anual y especial de inspección de PET, de acuerdo con la normativa SNC y la legislación aplicable.
  - b) Examinar y revisar los informes de evaluación de las actividades del proyecto, y el nivel de eficiencia con que las organizaciones del PET han logrado sus objetivos, mediante el envío de los informes correspondientes al presidente de la OIC.
  - c) Notificar inmediatamente al gerente de OIC de cualquier mal funcionamiento descubierto durante el mantenimiento y recomendar acciones correctivas.
  - d) Participación en representación de la OIC como supervisor en aspectos técnicos.
  - e) Elaborar un informe trimestral sobre prevención de riesgos de acuerdo con la ley financiera.
  - f) Supervisar el cumplimiento del plan anual de auditorías.
  - g) Elaborar los informes correspondientes sobre sus funciones solicitados por el Jefe de Departamento de la Organización de la Conferencia Islámica.
8. Otros trabajos dentro de sus funciones, que le asigne el titular de la Oficina de Control Institucional.

### **Perfil del puesto**

**Educación:** Titulado o colegiado

**Experiencia:** Con 3 años de experiencia en puestos similares

**Formación:** Mantenimiento, conocimiento de herramientas industriales de registro

**Competencias:** Manejo de herramientas digitales

**Habilidades:** Destreza manual

- **Técnico electricista**

Su misión es realizar actividades de mantenimiento y reparaciones eléctricas menores, cumpliendo con los estándares y procedimiento en materia de seguridad, medio ambiente y calidad.

**Descripción de funciones:**

- a) Desarrollar los trabajos planificados para el cumplimiento de los objetivos y metas del área de mantenimiento eléctrico.
- b) Coordinar con el jefe del área el mantenimiento preventivo de las líneas en media y baja tensión, subestaciones e infraestructura eléctrica.
- c) Realizar las maniobras de ejecución de conexión y desconexión de los circuitos energizados para labores de mantenimiento y otros.
- d) Realizar las mediciones de tensión y de corriente para determinación del balance de cargas de fases y posibles pérdidas de energía.
- e) Inspeccionar las redes de distribución primaria y secundaria, estado general de alumbrado y transmisiones de circuitos de equipos
- f) Informar al jefe inmediato del área el cumplimiento de los trabajos encargados a través de informes.

**Perfil del puesto**

**Educación:** Técnico electricista

**Experiencia:** Con 2 años de experiencia en puestos similares

**Formación:** Sistemas eléctricos

**Competencias:** Manejo de herramientas pesadas, esfuerzo físico,

**Habilidades:** Destreza manual

- **Técnico electrónico**

Su objetivo es realizar las labores operativas de control y participar en actividades de reducción de paros por programaciones, protección de información, retiro y reinstalación de programas, subestaciones, inspección de redes e instalaciones.

**Funciones:**

- a) Atender las solicitudes de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos eléctricos y electrónicos. c. Instalación de equipos de audio y video e instalaciones eléctricas en las oficinas y sedes.

- b) Brindar soporte técnico según la necesidad del área, supervisando que las instalaciones se encuentren en óptimas condiciones en el funcionamiento de los sistemas eléctricos

**Perfil de puesto:**

**Educación:** Técnico en electrónica de mantenimiento

**Experiencia:** Con 1 años de experiencia en puestos similares

**Formación:** Sistemas eléctricos, mantenimiento de equipos (cómpu

**Competencias:** Conocimientos avanzados en instalaciones de cableado estructurado en cómpu

e. Habilidades: proactivo

**PASO II**

**Capacitación en términos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad**

Se deberán programar y realizar las capacitaciones correspondientes a todo el personal asignado para fortalecer sus conocimientos básicos en la metodología RCM y se obtenga resultados de mejora. Toda capacitación que se lleve a cabo debe ser medida en cuanto a su efectividad, para la cual se establece una evaluación. El plan y programa de capacitaciones se debe realizar una vez al mes, pero en este caso se realizará 4 veces al mes. Las fechas establecidas y los temarios seleccionados para las capacitaciones corresponden entre el 12 de marzo al 02 de abril del presente año.

Tabla 17. Programa de capacitaciones del RCM

Temario	Fechas	Horario
Conceptos generales de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	12/03/2021	5:00 pm - 6:30pm
Tipos de mantenimiento según la metodología RCM		



Las 7 preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su interpretación	19/03/2021	5:00 pm - 6:30pm
Análisis de Modo de Fallas y sus Efectos del equipo	26/03/2021	5:00 pm - 6:30pm
Indicadores de Disponibilidad, Mantenibilidad y Confiabilidad	2/04/2021	5:00 pm - 6:30pm

Fuente: elaboración propia

Al finalizar el día luego de realizar cada capacitación, a cada participante se le proporcionará una prueba de evaluación para calificar si se comprendió la idea que se necesitaba transmitir para poner en marcha la metodología de la investigación y un registro de asistencia para respaldar la participación de cada integrante involucrado en la mejora.



*Figura 24. Capacitación realizada al personal*

### **PASO III**

#### **Inventario y codificación de los equipos**

El paso siguiente dada las capacitaciones y el personal ya preparado para el inicio de la metodología RCM, se debe realizar un listado de los equipos con sus respectivas características principales para su conocimiento y la codificación correspondiente. A continuación, se muestra el inventario detallado de los tractocamiones de la empresa.

Tabla 18. Inventario general de unidades de la empresa inversiones látigo negro

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN				Código	MTO 01-R-02
	INVENTARIO GENERAL DE UNIDADES				Versión	01
					Fecha	03/04/2021
					Página	1-1
Nº	Clase de vehículo	Modelo	Marca	Placa	Año de adquisición	Año de renovación
1	Tractocamión	CL 120	FREIGHTLINER	BAM-931	2019	2034
2	Tractocamión	CL 120	FREIGHTLINER	BAO-715	2019	2034
4	Tractocamión	T800	KENWORTH	D3O-853	2012	2027
5	Tractocamión	T800	KENWORTH	D5E-936	2012	2027
6	Tractocamión	T800	KENWORTH	D8P-848	2014	2029
7	Tractocamión	T800	KENWORTH	D8T-802	2014	2029
8	Tractocamión	T800	KENWORTH	D6I-870	2012	2027
3	Tractocamión	FH 6X4 T	VOLVO	AKQ-770	2015	2030
9	Tractocamión	FH 6X4 T	VOLVO	ABY-823	2014	2024
10	Tractocamión	FH 6X4 T	VOLVO	ABY-935	2014	2029
11	Tractocamión	FH 6X4 T	VOLVO	ABY-937	2014	2029
12	Tractocamión	FM 6X4 T	VOLVO	AZU-759	2019	2034
13	Tractocamión	FM 6X4 T	VOLVO	AZV-735	2019	2034
14	Tractocamión	FM 6X4 T	VOLVO	AZV-867	2019	2034

Fuente: Inversiones Látigo Negro S.A.C

## PASO IV

### Análisis funcional de los equipos

Como ya mencionó anteriormente, el estudio contará con 14 activos físicos que son los tractotractocamiones, el cual se empezará analizando al elemento que tuvo mayor cantidad en los reportes de fallas. Lo siguiente que se realizará será elaborar una tabla que contenga la descripción de los sistemas, subsistemas y elementos funcionales enfocándolos directamente con la realidad problemática con ayuda del equipo de trabajo a cargo y los operadores de las maquinarias ya que ellos se encuentran en interacción constante con los equipos


Tabla 19. Sistema funcional del motor de los equipos de la empresa inversiones Látigo Negro S.A.C

	SISTEMA FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS		Código	MTO-01SF
			Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión	Fecha	29/03/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Motor	Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	ELEMENTO FUNCIONAL	FUNCIONES	
1	Cilindro	Pistón	Transmitir energía mediante un movimiento alternativo	
2	Báncala	Cigüeñal	Transforma el movimiento lineal en circular para mover ruedas	
		Piñón	Tensar una cadena o una correa dentada de una transmisión	
		Cigüeñal	Transforma el movimiento lineal en circular para mover ruedas	
		Eje	Guiar el movimiento de rotación a un elemento	
		Rodamientos	Transfiere movimiento y fuerza	
3	Camisas	Pistón	Transmitir energía mediante un movimiento alternativo	
4	Culata	Válvula de admisión	Se encarga de abrir el paso del cilindro	
		Válvula de escape	Se encarga de cerrar el paso del cilindro	
		Inyectores	Introducir y distribuir combustible a la cámara de combustión	
5	Tapa de balancines	Tapón de engrase	Recoger y contener aceite que escurre el motor	
6	Carter inferior	Tabique	Controla el nivel de aceite y evita la polimerización	
		Aletas	Aumenta la zona de refrigeración del aceite	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 19 se muestra la descomposición del sistema motor en subsistemas, elemento funcional y funciones que forman parte del tractocamión, el equipo de trabajo de la empresa es el responsable de llevar a cabo la actividad establecida, según el cronograma se ha podido demostrar que el sistema funcional motor cuenta con 6 subsistemas primordiales, que son el cilindro, la báncala, las camisas, la culata, la tapa de balancines y el Carter inferior, estos a su vez, se componen de elementos que efectúan una función propia característica de cada uno y que en conjunto sistematizan el traslado del equipo para realizar las entregas.


Tabla 20. Sistema funcional de frenos de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	SISTEMA FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS		Código	MTO-02SF
			Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión	Fecha	29/03/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Frenos	Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	ELEMENTO FUNCIONAL	FUNCIONES	
1	ABS	Sensor	Permite mantener el control en la trayectoria del conductor, tiene proximidad	
		Pedal	Se debe presionar para accionar el sistema de frenos	
		Líquido de frenos	Fluido hidráulico de transmite la fuerza del pedal a la llanta	
		Cilindro auxiliar	Recibe la fuerza del líquido	
		Zapata de freno	Se encarga de efectuar el frenado por fricción	
		Tambor de frenos	Receptor de casi totalidad del calor del frenado	
		Bomba de frenos	Convierte la fuerza mecánica en hidráulica	
2	Eléctrico	Bobina	Se encargan de crear un campo magnético fijo para dar fuerza y velocidad al frenado	
		Disco	Se encarga de soportar todo el trabajo de frenado	
3	De mano	Sensor de rueda	Miden la velocidad instantánea de las ruedas	
		Cables con funda	Permite tener conexión con las válvulas moduladoras	
		Varillas	Se utilizan en una llanta de perfil particular, se aplican con zapatas	
		Palanca	Se encarga de amplificar la presión del frenado	
4	Motor	Válvula	Permite modular la presión en los circuitos de frenado	
		Pistón	Desencadena la acción de frenado	
		Ruedas	El sistema de freno bloquea el movimiento de las ruedas	
		Eje	Guiar el movimiento de rotación a un elemento	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 20 se muestra la descomposición del sistema frenos en subsistemas, elemento funcional y funciones que forman parte del tractocamión, el equipo de trabajo de la empresa es el responsable de llevar a cabo la actividad establecida, según el cronograma se ha podido demostrar que el sistema funcional freno cuenta con 4 subsistemas primordiales estos a su vez, se componen de elementos que efectúan una función propia característica de cada uno y que en conjunto mantienen el control en la trayectoria del conductor.

Tabla 21. Sistema funcional de neumáticos de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	SISTEMA FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS		Código	MTO-03SF
			Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión	Fecha	31/03/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Neumáticos	Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	ELEMENTO FUNCIONAL	FUNCIONES	
1	Lonas	Cables	Permiten la flexibilidad de los neumáticos	
2	Talones	Ajuste	Garantiza la sujeción de los cables de caucho	
		Resistencia	Permiten tener una resistencia para llevar a cabo su función	
3	Lonas de cima	Hilos metálicos	Aporta solidez al sistema para no sufrir deformaciones	
		Resistencia	Permiten tener una resistencia para llevar a cabo su función	
4	Flanco	Estabilidad	Da estabilidad a todas las piezas	
5	Hombro	Agarre	Contribuye al agarre del vehículo sobre el asfalto	
6	Banda de rodadura	Contacto	Mantiene el contacto con el asfalto o superficie	
		Amortigua	Posee un carácter blando para una mejor adherencia y amortiguación	
		Surco	Determinan el rendimiento	
7	Nervadura	Refuerzo	Refuerza adicional al neumático en la parte central	
8	Entalladura y Estría	Hendidura	Repelen el agua, barro o nieve y circula de mejor manera	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 21 se muestra la descomposición del sistema neumáticos en subsistemas, elemento funcional y funciones que forman parte del tractocamión, el equipo de trabajo de la empresa es el responsable de llevar a cabo la actividad establecida, según el cronograma se ha podido demostrar que el sistema funcional neumáticos cuenta con 8 subsistemas primordiales, que son las lonas, talones, lonas de cima, flanco, hombro, banda de rodadura, nervadura, entalladura y estría estos a su vez, se componen de elementos que efectúan una función propia característica de cada uno y que en conjunto sistematizan y contribuyen al agarre del vehículo sobre el asfalto.

Tabla 22. Sistema funcional de la transmisión de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	SISTEMA FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS		Código	MTO-04SF
			Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión	Fecha	31/03/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Transmisión	Página	1-1
	SUB-SISTEMA	ELEMENTO FUNCIONAL	FUNCIONES	
1	Embrague	Volante motor	Acopla o desacopla al motor al resto de la transmisión	
		Disco	Amortigua la inercia al entrar en contacto con el volante	
		Giro	Transmite giro al disco de embrague	
		Turbina	Dar movimiento de energía cinética al aceite para hacerlo girar	
2	Caja de velocidades	Giro	Mantener la velocidad de giro para moverse	
		Caja de cambio	Permite seleccionar la relación de giro de motor y ruedas	
		Palanca de cambio	Transmite la orden para el acoplamiento	
		Estator	Elemento fundamental para transmitir potencia	
		Turbina	Dar movimiento de energía cinética al aceite para hacerlo girar	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 22 se muestra la descomposición del sistema transmisión en subsistemas, elemento funcional y funciones que forman parte del tractocamión, el equipo de trabajo de la empresa es el responsable de llevar a cabo la actividad establecida, según el cronograma se ha podido demostrar que el sistema funcional transmisión cuenta con 2 subsistemas primordiales, que son el embrague y la caja de velocidades estos a su vez, se componen de elementos que efectúan una función propia característica de cada uno y que en conjunto transmiten la potencia que genera el motor hacia las ruedas para que el vehículo pueda desplazarse.


Tabla 23. sistema funcional del sistema eléctrico de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	SISTEMA FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS		Código	MTO-05SF
			Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión	Fecha	02/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Eléctrico	Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	ELEMENTO FUNCIONAL	FUNCIONES	
1	Motores eléctricos de tracción e hidráulico	Sensores	Traduce las señales eléctricas en magnitudes	
		Fusibles	Protege las sobrecargas en un sistema eléctrico	
		Controladores	Monitorea el funcionamiento eléctrico	
		Contactor	Dispositivo que corta el paso de la corriente	
2	Luces	Relay	Reduce la distancia a recorrer los cables eléctricos	
		Regulador	Mantener el voltaje en un circuito	
		Focos	Iluminar los ambientes de trabajo	
3	Batería	Celdas	Almacenan tensión eléctrica	
		Cables	Medio por donde pasa la corriente	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 23 se muestra la descomposición del sistema eléctrico en subsistemas, elemento funcional y funciones que forman parte del tractocamión, el equipo de trabajo de la empresa es el responsable de llevar a cabo la actividad establecida, según el cronograma se ha podido demostrar que el sistema funcional eléctrico cuenta con 3 subsistemas primordiales, que son la batería, las luces y los motores eléctricos de tracción e hidráulico estos a su vez, se componen de elementos que efectúan una función propia característica de cada uno y que en conjunto hacen que el vehículo arranque, se encienda, las luces funciones junto con las señalizaciones correspondientes.

Tabla 24. Sistema funcional de la dirección de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C


	<b>SISTEMA FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS</b>		Código	MTO-06SF
			Versión	01
	<b>EQUIPO</b>	Tracto Camión	Fecha	02/04/2021
	<b>SISTEMA FUNCIONAL</b>	Dirección	Página	1-1
<b>ÍTEM</b>	<b>SUB-SISTEMA</b>	<b>ELEMENTO FUNCIONAL</b>	<b>FUNCIONES</b>	
1	Eje de dirección	Rodamiento	Reduce la fricción entre los ejes	
		Planetario	Rotar entre el engranaje externo para movilizar el eje	
		Llantas	Girar alrededor de un eje	
		Eje de piñón	Permite cambiar la dirección de las ruedas	
		Eje	Transmite energía mecánica para movilizar las ruedas	
		Cubierta	Protección a los componentes internos	
		Pistón	Empuja al cilindro sinfín para generar la dirección	
2	Volante y columna de dirección	Unidad de control de dirección	Deriva los fluidos hidráulicos a los cilindros de dirección	
		Eje	Transmite la energía mecánica recibida	
3	Acumulador de dirección	Recargador	Almacenar energía para mover la dirección en emergencia	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 24 se muestra la descomposición del sistema dirección en subsistemas, elemento funcional y funciones que forman parte del tractocamión, el equipo de trabajo de la empresa es el responsable de llevar a cabo la actividad establecida, según el cronograma se ha podido demostrar que el sistema funcional dirección cuenta con 3 subsistemas primordiales, que son el eje de dirección, acumulador de dirección, volante y columna de dirección estos a su vez, se componen de elementos que efectúan una función propia característica de cada uno y que en conjunto van a orientar las ruedas delanteras del vehículo según la instrucción del timón por parte del conductor.



Tabla 25. Sistema funcional del sistema hidráulico de los equipos de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	SISTEMA FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS		Código	MTO-07SF
			Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión	Fecha	02/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Hidráulico	Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	ELEMENTO FUNCIONAL	FUNCIONES	
1	Válvulas de control	Spools	Derivar el pase de fluido hidráulico	
		Válvula de presión	Restringir el paso del fluido a fin de generar presión	
2	Bomba hidráulica	Piñón	Enviar fluido hidráulico al sistema	
3	Cilindros hidráulicos	Pistón	Empuja el fluido	
		Vástago	Transmite energía hidráulica para convertirla en mecánica	
		Mangueras	Comunica el fluido hidráulico al sistema	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 25 se muestra la descomposición del sistema hidráulico en subsistemas, elemento funcional y funciones que forman parte del tractocamión, el equipo de trabajo de la empresa es el responsable de llevar a cabo la actividad establecida, según el cronograma se ha podido demostrar que el sistema funcional hidráulico cuenta con 3 subsistemas primordiales, que son válvulas de control, bomba hidráulica y cilindros hidráulicos estos a su vez, se componen de elementos que efectúan una función propia característica de cada uno y que en conjunto permiten el control del vehículo.


## **PASO V**

### **Definir las fallas frecuentes en la flota de tractotractocamiones**

Después de realizar el desglose de los sistemas a subsistemas que vendrían a ser el conjunto de los componentes físicos que le permiten al equipo realizar sus funciones, se realizará un listado de fallas (AMEF) que consiste en dar respuesta a las preguntas 2 al 5 de las 7 que existen en base de autores bibliográficos; estas fallas que ocasionaron las paradas no previstas en los equipos y sus modos de falla que vendría a ser el motivo y las consecuencias que estos traen consigo en base a puntuaciones de criticidad por niveles.

Y se culmina con las estrategias de mejora que se aplicarán como es el programa de mantenimiento para el beneficio de los equipos de la entidad.


Tabla 26. Análisis modal de fallos y efectos del motor en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-01AMEF
				Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión		Fecha	05/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Motor		Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Pistones	Falla del material por tiempo de vida	Fractura de cabeza	Se produce una fuga abundante de aceite ingresando por la cámara a todo el sistema	
2	Biela	Desgaste progresivo	Casquetes desgastados	Las bielas deslizan con dificultad, produciendo pérdidas mecánicas	
3	Bancada	Desgaste progresivo	Casquetes desgastados	En los ejes el conjunto de válvulas desliza con dificultad produciendo pérdidas mecánicas	
4	Camisas de cilindros	Desgaste progresivo	Superficie rayada	Aumento de pérdidas mecánicas/fugas de lubricante dentro de las cámaras de combustión	
5	Empaque de motor	Desgaste progresivo	Porosidad interna	Pérdida de lubricante/Pérdida de refrigerante/Ingreso de aceite dentro de la cámara	
6	Empaque de la carcasa de distribución	Desgaste progresivo	Porosidad interna	Fugas de lubricante incrementando pérdidas mecánicas	
7	Válvulas de escape	Desgaste progresivo	Grietas en el platillo	La combustión no se realiza eficientemente permitiendo la formación de hollín/Pérdida de la potencia del motor	
8	Válvulas de admisión	Desgaste progresivo	Grietas en el platillo	La combustión no se realiza eficientemente permitiendo la formación de hollín/Pérdida de la potencia del motor	
9	Caquetes de cigüeñal	Desgaste progresivo	Superficie rayada	Aumento de pérdidas mecánicas	
		Desgaste progresivo	Rodamiento de eje desgastado	Aumenta la fricción en el movimiento del pistón produciendo un aumento en la tensión de la correa	

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema motor en función a la tabla N° 26 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste progresivo de sus componentes, falla del material por el tiempo de vida de cada subsistema a causa de que se identificaron fracturas, porosidad, grietas, desgaste, rayones en partes internas y externas del equipo, que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en el motor produciéndose fugas de aceite o lubricante que contaminarán todo el sistema, posible pérdida de la potencia del motor, las correas sufren un aumento de la tensión, entre otros.

Tabla 27. Análisis modal de fallos y efectos de los frenos en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-02AMEF
				Versión	01
	Tracto Camión			Fecha	05/04/2021
	Frenos			Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Compresor doble pistón	Desgaste progresivo	Empaque de pistones desgastados	Se producen filtraciones de aire entre el cilindro y el pistón generando pérdidas de presión	
		Desgaste progresivo	Cilindro de pistón desgastado	El cilindro presenta holguras con el cilindro produciendo pérdidas de presión	
		Desgaste progresivo	Filtro de aire contaminado	La suciedad y el lubricante pueden filtrarse por el sistema contaminándolo	
		Desgaste progresivo	Conjunto de válvulas cheque desgastado	El aceite de lubricación se filtra contaminando los acumuladores neumáticos	
2	Válvula pedal	Desgaste progresivo	Empaques desgastados	Se pierde fuerza en los actuadores del freno debido a fugas de aire	
		Desgaste progresivo	Desgaste del sello neumático	Dificulta el movimiento de la válvula/Limita el paso del aire	
3	Cámara de freno sencilla	Desgaste progresivo	Resorte malogrado	Disminución de la fuerza de frenado, el mecanismo de la horquilla sufre vibraciones	
		Desgaste progresivo	Fuelle reventado	Pérdida de presión dentro de la cámara y limitan la salida de la horquilla	
4	Gobernador de aire	Desgaste progresivo	Empaques desgastados	El compresor sufre de sobrecargas debido a fugas de aire en la válvula interna	
		Desgaste progresivo	Válvula de escape averiada	La descarga de aire se produce automáticamente desconectando el compresor	
5	Válvula Relay	Desgaste progresivo	Empaques desgastados	Las fugas de aire disminuyen la fuerza ejercida en las cámaras de freno	
		Desgaste progresivo	Sellos neumáticos desgastados	Limitan la salida de aire hacia las cámaras de freno	
6	Válvula de freno de parqueo	Desgaste progresivo	Empaques desgastados	Se producen fugas que retrasan la liberación de los frenos por pérdidas de presión	
7	Cámara de freno mayor	Desgaste progresivo	Resorte malogrado	Se prolonga el tiempo de frenado debido a pérdidas de fuerza en el sistema de bandas	
		Desgaste progresivo	Fuelle reventado	Pérdida de presión en la fuerza de freno/Aumento del tiempo de frenado/Posible bloqueo del freno de parqueo	
		Presencia de humedad dentro de la cámara genera aberturas por corrosión	Aberturas internas en la cámara de servicio	El aire de la cámara del servicio se filtra a la del freno de parqueo bloqueando el vehículo	
8	Válvula moduladora	Desgaste progresivo	Empaques desgastados	Pérdida de presión por fuga impide que los frenos sean liberados	
9	Freno de tambor	Desgaste progresivo	Pastillas desgastadas	El tiempo del freno aumenta/Cuando el desgaste es excesivo puede dañar el tambor de la rueda	
10	Válvula de freno de emergencia	Desgaste progresivo	Empaques desgastados	Se pierde presión por fugas de aire lo cual dificulta que las cámaras de aire contraigan la horquilla	

11	Secador de aire	Desgaste progresivo	Cartucho desgastado	La filtración de aire se ejecuta con muy baja eficiencia generando contaminación en los demás componentes
		Desgaste de empaques internos	Válvula de purga averiada	El sector no puede liberar la humedad acelerando el desgaste del cartucho

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema frenos en función a la tabla N° 27 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste progresivo de sus componentes, presencia de humedad dentro de la cámara genera aberturas por corrosión de cada subsistema a causa de que se las válvulas de purga se encuentran averiadas, el cartucho presenta desgaste, el resorte está malogrado, filtros de aire contaminados, que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en los frenos produciéndose filtraciones de aire entre el cilindro y el pistón generando perdidas de presión, disminución de la fuerza de frenado, el mecanismo de la horquilla sufre vibraciones, entre otros.

Tabla 28. Análisis modal de fallos y efectos de la transmisión en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

ÍTE M	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-03AMEF
				Versión	01
	EQUIPO	Tractoremolque		Fecha	22/02/2019
	SISTEMA FUNCIONAL	Transmisión		Página	1-1
	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Caja de transmisión	Desgaste progresivo	Rodamientos desgastados	Aumenta el esfuerzo mecánico entre los trenes de engranajes afectando la pifoteria	
		Falta de lubricación/desgaste progresivo	Engranajes rotos	Se desprenden virutas que dañan los demás engranajes/La fuerza de cambio se reduce	
		Suciedad presente en los rieles o lubricante desgastado	Mecanismos de cambio atascado	La palanca de cambios permanece estática en un cambio determinado	
		Taponamiento por suciedad/piñón impulsor roto	Bomba de lubricación averiada	Los engranajes se funden por la fricción dañando varios trenes de engranajes	
		Desgaste progresivo	Bujes de la prensa gastados	El operador tiene dificultad para ejecutar los cambios	
2	Mangueras hidráulicas	Impactos de sólidos en el trayecto	Grietas o aberturas	Pérdida de lubricante	
3	Palanca de cambio	Desgaste progresivo	Yugos desgastados	La palanca se bloquea quedando en neutro	
		Empaques desgastados o línea neumática perforada	Baja presión en el regulador de aire	La palanca se bloquea quedando en neutro	
		Líneas neumáticas gastadas/empaques desgastados	Fugas de aire en la válvula maestra	Los cambios entran lentamente en operación	
		Seguros del cilindro desgastados	Cilindro de rango desgastado	Los cambios entran lentamente en operación	
4	Radiador	Sedimentos provenientes de la transmisión	Incrustación con conductos	Disminuye la transferencia de calor elevando la temperatura del lubricante	
5	Conjunto de diferenciales	Desgaste progresivo/ Lubricante saturado de sedimentos	Rodamientos desgastados	Aumenta la fricción en el giro de la corona/Los rodillos desgastados pueden dañar la guía del rodamiento	
		Desgaste progresivo/ Arranques bruscos	Piñonera rota	El mecanismo trabaja con dificultad dañando componentes cercanos	
		Tiempo de reemplazo vencido	Lubricante desgastado	Los piñones se pueden sobrecalentar produciendo grandes deformaciones en los dientes	
		Arranques bruscos	Piñón motriz fracturado	Se anula la tracción del vehículo, el sistema no es capaz de moverse	
		Arranques bruscos	Corona fracturada	La tracción queda parcialmente interrumpida dificultando la movilidad del vehículo	
		Desgaste progresivo	Rodamientos desgastados	El mecanismo opera con una leve dificultad	
		Desgaste progresivo	Sellos desgastados	Pérdida importante de lubricante desgastando la piñonera rápidamente	
		Desgaste excesivo	Engrane lateral picado	Pueden astillarse los piñones planetarios desgastando el conjunto completo	

6	Ruedas	Desgaste progresivo	Rodamientos desgastados	Los componentes móviles pueden llegar a fundirse bloqueando parcialmente la rueda
		Desgaste progresivo	Retenedor de lubricante desgastado	El lubricante se contamina ocasionando que pierda viscosidad
		Desgaste progresivo	Buje de dirección desgastado	La rueda delantera presenta dificultad para girar
7	Prensa de embrague	Desgaste progresivo	Disco de embrague gastado	Aumento del esfuerzo mecánico entre el disco y el volante pueden afectar otras piezas de la prensa
		Desgaste progresivo	Muelle de diafragma averiado	Perdida de fuerza de fricción entre el disco y el volante

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema de transmisión en función a la tabla N° 28 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste progresivo de sus componentes, taponamiento por suciedad, arranques de los vehículos bruscos, sedimentos provenientes de la transmisión de cada subsistema a causa de que los rodamientos presentan desgaste, existencia de grietas o aberturas, corona fracturada que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en la transmisión produciéndose perdida de fuerza de fricción entre el disco y el volante, las ruedas delanteras presentan dificultad para girar, el lubricante contamina ocasionado que se pierda la viscosidad, entre otros.

Tabla 29. Análisis modal de fallos y efectos del sistema eléctrico en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C


	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-04AMEF
				Versión	01
	Tracto Camión			Fecha	12/04/2021
	Eléctrico			Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Motor de arranque	Desgaste del material protector/Exceso de contaminación de los contactos	Mecanismo de soloide atascado	El circuito no se cierra impidiendo que el engranaje empalme con el volante de motor	
		Desgaste por fricción del rotor	Campos eléctricos desconectados	No se genera el campo magnético por lo que el motor permanece estático	
		Desgaste por fricción	Escobillas gastadas	El contacto con el rotor disminuye al mismo tiempo que la fuerza del torque	
		Desgaste normal del material	Bujes desgastados	El eje gira con mayor dificultad limitando la fuerza del motor	
2	Alternador	Transistor averiado	Placa del regulador dañada	La bobina del estator puede quemarse produciendo una generación excesiva de tensión	
		Desgaste por fricción	Escobillas deterioradas	Pérdida del 30% de su capacidad de generación	
		Desgaste normal	Rodamiento averiado	Aumento de vibraciones limitando el contacto con las escobillas	
3	Banco de baterías	Alta temperatura en el compartimiento de baterías/carga excesiva	Corrosión	Los contactos pierden conductividad impidiendo el paso de corriente	

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema eléctrico en función a la tabla N° 29 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste por fricción del material, exceso de contaminación de los contactos, altas temperaturas en el comportamiento de baterías de cada subsistema a causa de que existe corrosión en los componentes, los campos eléctricos están desconectados, los bujes presentan desgastes, la plata del regulador dañada que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en la parte eléctrica produciéndose pérdidas del 30% de sus capacidad de generación, el circuito no se cierra impidiendo que el engranaje empalme con el volante de motor, la bobina del estator puede quemarse produciendo una generación excesiva de tensión, entre otros.




Tabla 30. Análisis modal de fallos y efectos del inyector de combustible en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-05AMEF
				Versión	01
	EQUIPO	Tracto Camión		Fecha	12/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Inyección de combustible		Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Inyector de combustible	Partículas de suciedad presentes en el combustible tapan la tubería	Tuberías obstruidas	Se anula la operación del cilindro	
		Desgaste progresivo	Aro sellos desgastados	Se producen fugas de combustible que no es atomizado/Aumento del consumo de combustible	
		Desgaste progresivo	Deformación en las toberas	Pérdida de potencia en la operación del cilindro	
2	Filtro de combustible	Desgaste progresivo	Obstrucción del filtro	Permite el paso de partículas que pueden ocasionar obstrucciones en las galerías e inyectores	
3	Actuador de dosificación de combustible	Falla aleatoria	Bobina quemada	El combustible no llega a los inyectores anulando la operación de 3 cilindros	
4	Actuador de sincronización de combustible	Falla aleatoria	Bobina quemada	Se anulan la operación de 3 cilindros	
5	Bomba de inyección de combustible	Desgaste progresivo	Aro sellos desgastados	Se producen fugas de combustible por el exterior de la bomba incrementando el consumo	
		Desgaste progresivo	Eje desgastado	Se producen fugas de combustible por el exterior de la bomba incrementando el consumo	
6	Regulador de presión de alta	La presión de trabajo de combustible genera desgaste para el componente	Fisuras internas	La presión excesiva del combustible genera daños para los inyectores	
7	Regulador de presión de baja	Desgaste progresivo	Fisuras internas	Permite un paso excesivo de combustible aumentando el consumo y afectando la mezcla	
8	Válvula de seguridad solenoide	Falla aleatoria	Bobina quemada	Cuando el vehículo se apague el sistema de combustible sigue recibiendo suministro produciendo sobrepresiones	

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema inyector de combustible en función a la tabla N° 30 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste progresivo de cada componente, falla aleatoria de cada subsistema a causa de que existen fisuras internas, obstrucciones de filtro, aros desgastados que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en el inyector produciéndose fugas de combustible por el exterior de la bomba incrementando el consumo, se anula la operación del cilindro.


Tabla 31. Análisis modal de fallos y efectos lubricación en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-06AMEF
				Versión	01
	Tracto Camión			Fecha	19/04/2021
	Lubricación			Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Bomba de engranajes	Impurezas presentes en el fluido	Bomba bloqueada por contaminación	El flujo lubricante disminuye considerablemente	
		Diferencias de presiones dentro de la bomba	Flexión de eje	El fujo de lubricante no es uniforme generando baja presión	
		Presencia de virutas o astillas metálicas	Sobrepresión en la bomba	Se desgasta el material de la carcasa	
		Desgaste de sellos	Bomba disminuye el caudal	Fugas de lubricación en las líneas de alta y baja presión	
2	Enfriador de aceite	Contaminación excesiva dentro de las placas de enfriamiento	Aumento de temperatura del aceite	El lubricante disminuye su viscosidad aumentando la fricción de los componentes	
		El empaque entre el enfriador y el bloque de motor esta desgastado	Fugas de lubricante	El nivel del lubricante baja progresivamente	
3	Termostato	Desgaste de la capsula de expansión	Cámara de expansión bloqueada	Restricción de paso de lubricante	
4	Filtro de aceite	Desgaste progresivo	Saturación de filtro	Permite el paso de partículas al lubricante	
5	Carter	Desgaste de empaque	Empaque desgastado	El nivel de lubricante disminuye por fuga	

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema de lubricación en función a la tabla N° 31 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste progresivo de cada componente, contaminación excesiva dentro de las placas de enfriamiento, diferencias de presiones dentro de la bomba de cada subsistema a causa de que existen aumento de temperatura del aceite, saturación de filtro, flexión de eje, la bomba disminuye el caudal que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en la lubricación produciéndose disminución de su viscosidad aumentando la fricción de los componentes, permite el paso de partículas dañinas al lubricante, el nivel de lubricante disminuye por jugas, entre otros.

Tabla 32. Análisis modal de fallos y efectos en la admisión de aire en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-07AMEF
				Versión	01
	Tracto Camión			Fecha	19/04/2021
	Admisión de aire			Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Filtro de aire	Desgaste progresivo	Obstrucción del filtro	Paso de suciedad al turbo cargador	
2	Turbo cargador	Sellos desgastados	Escape de aire en compresor	Pérdida de potencia en la operación del motor	
		Presencia de suciedad en el lubricante/Lubricante saturado	Obstrucción en la entrada de aceite	Pérdida importante de aceite por sobre presiones internas	
		Suciedad excesiva en la rueda impulsora	Rueda del compresor bloqueada	El flujo de aire disminuye junto con la eficiencia del motor	
		Contaminación en el lubricante	Desgaste bujes y ejes del compresor	Pérdida de flujo de aire	
3	Conductos de aire	Falla aleatoria por desgaste	Orificios en la superficie	Permite el ingreso de aire sin filtrar	
4	Intercooler	Desmontaje defectuoso del componente	Daños externos por impacto	Pérdida de capacidad de enfriamiento	
		Fugas de aceite en el turbo cargador	Contaminación por lubricante	Se produce carbonilla dentro de las cámaras de cilindros y conductos	
		Daños por golpes/Mortazas desgastadas	Conexiones de aire dañadas	Pérdida de caudal de aire	
5	Múltiple de escape	Desgaste progresivo	Empaque desgastado	Fugas de gases por las paredes del bloque reduce la eficiencia del turbo cargador	
		Desgaste progresivo/Daños en el desmontaje	Grietas superficiales	Se produce una grana pérdida de gases de escape limitando el turbo cargador	

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema de admisión de aire en función a la tabla N° 32 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste progresivo de cada componente, daños en el desmontaje, suciedad excesiva en la rueda impulsora de cada subsistema a causa de que existen grietas superficiales, ruedas del compresor bloqueadas, orificios en la superficie que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en la admisión de aire produciéndose pérdida de gases de escape limitando el turbo cargador, pérdida de flujo de aire, pérdida de capacidad de enfriamiento, pérdida de potencia en la operación del motor, entre otros.

Tabla 33. Análisis modal de fallos y efectos de enfriamiento en la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C

	AMEF (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)			Código	MTO-08AMEF
				Versión	01
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tracto Camión		Fecha	19/04/2021
		Enfriamiento		Página	1-1
ÍTEM	SUB-SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Bomba hidráulica	Desgaste progresivo	Impeller desgastado	Pérdida de caudal conduce a un incremento de la temperatura de operación	
		Refrigerante con impurezas	Sedimentación en la salida	Reducción de caudal y aumento de presión de trabajo	
		Desgaste progresivo	Rodamientos desgastados	El eje gira con dificultad reduciendo el caudal y elevando la temperatura	
		Desgaste progresivo	Sellos del eje desgastados	El refrigerante se filtra rápidamente desde el impeller hacia la polea de transmisión	
		Sedimentos presentes en el refrigerante	Obstrucción de conductos	El paso de refrigerante disminuye dificultando la transferencia de calor	
2	Mangueras	Desgaste progresivo	Grietas o aberturas	Pérdida significativa de refrigerante	
3	Termostatos	Desgaste de la capsula	Cámara de expansión bloqueada	El refrigerante demora en ingresar al radiador aumentando la temperatura de trabajo	
4	Filtro de refrigerante	Desgaste progresivo	Contaminación excesiva	El material no es capaz de filtrar refrigerante eficazmente	

Fuente: elaboración propia

El análisis modal de fallos y efectos del sistema de enfriamiento en función a la tabla N° 33 dispone de diversas fallas funcionales tales como: El desgaste progresivo de cada componente, sedimentos presentes en el refrigerante, refrigerante con impurezas de cada subsistema a causa de que existen contaminación excesiva, obstrucción de conductos, sellos de ejes desgastados, grietas o aberturas que si no se previenen anticipadamente ni se utilizan los medios correspondientes para su intervención generaran efectos negativos con alto grado de impacto en la admisión de aire produciéndose que el material no es capaz de filtrar refrigerante eficazmente, el eje gira con dificultad, reducción de caudal y aumento de presión de trabajo, entre otros.

Una vez que se tiene en conocimiento las fallas y modos de fallo de los equipos, se emplea la herramienta de la prioridad de riesgos. Se considera en analizar los resultados logrados en la matriz AMEF de cada sistema para luego dar una valoración en base a una ponderación escalar desde un nivel muy crítico hasta un nivel no crítico; en referencia a la gravedad, frecuencia y detectabilidad que permitirá determinar el índice de riesgos de cada modo de fallo de los equipos de tractocamión, lo cual servirá para tomar una decisión sobre el problema.


Tabla 34. Análisis de la prioridad de riesgos del motor Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-01RPN
						Versión	01
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tracto Camión				Fecha	22/04/2021
		Motor				Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN	
1	10	4	9	360	No aplica	Desmontaje del bloque y remoción de pistones/ Valoración de daños	
2	7	4	8	224	No aplica	Desmontaje de bielas y casquetes	
3	7	4	8	224	No aplica	Desmontaje de ejes de válvulas y reemplazo de casquetes	
4	7	4	8	224	No aplica	Desmontaje de camisas de motor	
5	7	4	7	196	No aplica	Desmontaje del bloque y desmontaje del empaque	
6	7	4	8	224	No aplica	Desmontaje de la tapa y remoción del empaque	
7	9	3	9	243	No aplica	Desmontaje de válvulas y valoración de daños	
8	9	3	9	243	No aplica	Desmontaje de válvulas y valoración de daños	
9	7	4	8	224	No aplica	Desmontaje de casquetes del bloque inferior del cigüeñal/ Limpieza de superficies internas	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 34 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema motor que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata, en este caso se deberían realizar inspecciones de detección para los desmontajes de los bloques y remoción de los pistones, el desmontaje de válvulas, desmontaje de los sistemas dañados para su mejoría.

Tabla 35. Análisis de la prioridad de riesgos de frenos Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-02RPN
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tracto Camión				Versión	01
		Frenos				Fecha	22/04/2021
						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUEN CIA	DETECTABI LIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN	
1	8	5	5	200	Detección de ruido excesivo en el compresor	Evaluación del desgaste del rodamiento	
2	4	5	5	100	No aplica	Remover el empaque desgastado	
3	8	5	5	200	Revisar los niveles de presión de aire y el tiempo de carga	Toma de medidas del cilindro y el pistón con el grado de desgaste	
4	4	5	5	100	Desconectar la salida del compresor y acelerar el motor para medir el nivel de contaminación	Desmontaje del filtro	
5	8	4	4	128	Purgar los acumuladores neumáticos en busca de lubricante	Desmontar el conjunto de válvulas	
6	4	5	4	80	Pulsar la válvula en búsqueda de ruido y fugas	Desmontaje y desarmado de válvula, remoción de empaques	
7	4	5	4	80	Pulsar la válvula en búsqueda de ruido y fugas	Desmontaje y desarmado de válvula, remoción de sello	
8	3	6	5	90	Comprobar si el tiempo de frenado aumenta aun con el cambio de bandas	Desmontaje de la cámara de freno	
9	3	6	5	90	Comprobar si el tiempo de frenado aumenta aun con el cambio de bandas	Desmontaje de la cámara de freno	
10	8	5	4	160	Revisar la presión de aire	Desmontaje el set de empaques	
11	5	5	4	100	Revisar pérdidas de presión neumática en el manómetro	Desmontaje de empaques/ Búsqueda de grietas	
12	6	6	3	108	Revisar el aumento del tiempo de frenado	Desmontar válvula y remover el set de empaques	
13	6	6	3	108	Revisar el aumento del tiempo de frenado	Desmontar válvula y remover sellos	
14	4	5	4	80	Accionar la válvula de ruidos por fugas	Desmontaje y desarmado de la válvula, remoción de empaques	
15	2	4	3	24	Revisar el tiempo de frenado del vehículo	Desmontar la cámara de freno y remover el resorte	
16	2	4	3	24	Revisar el tiempo de frenado del vehículo	Desmontar la cámara de freno y remover el fuelle	
17	2	4	3	24	Probar el freno de parqueo para determinar si libera el vehículo rápidamente	Remover la cámara de freno	
18	8	6	5	240	No aplica	Desmontar válvula moduladora, remover empaques	
19	2	5	3	30	Comprobar la rapidez del freno/Búsqueda de ruido acciona el freno	Evaluación del nivel de desgaste de la banda	
20	4	5	4	80	Probar el freno de emergencia para determinar si libera el tráiler rápidamente	Desmontaje de válvula de emergencia y remoción de empaques	
21	4	5	3	60	Purgar el secador	Extracción del cartucho revisando la cantidad de lubricante	


22	4	5	3	60	Revisar el nivel de agua del secador de aire/ Ejecutar purgas periódicas para probar la válvula	Extracción de empaquetaduras de la válvula/ Búsqueda de grietas
----	---	---	---	----	---	--

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 35 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema de frenos que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico, Semi crítico en mayores cantidades y No crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata para las dos primeras palabras anteriores, en este caso se deberían realizar controles preventivos como revisar el nivel de agua del secador de aire, ejecutar purgas periódicas para probar la válvula, purgar el secador e inspecciones de detección como extracción del cartucho revisando la cantidad de lubricante, búsqueda de grietas de los sistemas dañados para su mejoría.



Tabla 36. Análisis de la prioridad de riesgos de transmisión Inversiones Látigo Negro S.A.C


	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-03RPN
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tracto Camión				Versión	01
		Transmisión				Fecha	22/04/2021
						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN	
1	7	3	7	147	Búsqueda de ruido en la transmisión	Desmontaje y desensamble de la transmisión/Realizar una valoración de desgaste de componentes	
2	10	3	7	210	Búsqueda de ruido en la transmisión/Excesiva vibración en la palanca de cambios	Desmontaje y desensamble de la transmisión y desarmado de trenes de engranajes	
3	10	3	7	210	Revisar el movimiento de la palanca sea suave y manejable	Desmontaje de la caja y remoción de la palanca de cambios	
4	10	3	7	210	Búsqueda de ruido excesivo de la piñonera	Desmontaje de la caja y desarmado de los trenes de engranes, remoción de la bomba	
5	7	3	7	147	Revisar el movimiento de la palanca sea suave y manejable	Desmontaje de la caja y el conjunto de prensa	
6	2	5	2	20	Revisar el estado de las líneas hidráulicas	Desmontaje de mangueras	
7	6	5	4	120	Revisar si la palanca presenta dificultad para accionar otras velocidades	Desmontaje de la palanca	
8	6	5	4	120	Búsqueda de ruido por fuga de aire en la perilla de la palanca	Desmontaje de la palanca	
9	6	5	5	150	Búsqueda de ruido por fugas de aire de transmisión	Desmontaje de la válvula en la transmisión	
10	6	5	5	150	Revisar la respuesta de la transmisión después de ejecutar un cambio doble	Desmontaje de la válvula maestra de transmisión	
11	8	4	7	224	No aplica	Desmontaje del radiador	
12	10	7	7	490	Búsqueda de exceso de ruido en el diferencial	Desmontaje del diferencial y remoción de rodamientos	
13	10	7	7	490	Búsqueda de exceso de ruido en el diferencial	Desmontaje del diferencial, extracción e inspección de corona, diferencial y planetarios	
14	5	5	4	100	No aplica	Abrir el tapón de lubricación hasta depurar la cámara/Limpieza del mecanismo corona piñones	
15	10	7	7	490	No aplica	Desmontaje del conjunto diferencial/Valoración del estado de la piñonera	
16	10	7	7	490	Búsqueda de ruido excesivo en los diferenciales	Desmontaje del mecanismo diferencial/Valoración de daños	
17	10	7	7	490	Búsqueda de ruido leve denteo del diferencial	Desmontaje del diferencial/Valoración de estado del rodamiento	
18	10	7	7	490	Inspección visual fugas de lubricante en el diferencial	Desmontaje del diferencial/Remoción de sellos	
19	10	7	7	490	Búsqueda de ruido leve dentro del diferencial	Desmontaje del diferencial/Valoración de estado de piñones	
20	3	5	7	105	Búsqueda de ruido una vez el vehículo se desplace	desmontaje de la rueda/Valoración del estado del rodamiento	
21	3	5	4	60	No aplica	Desmontaje de la rueda/Extracción del retenedor	

22	3	5	7	105	Búsqueda de ruido en la rueda una vez toma dirección del operador	Desmontaje de la rueda/Extracción del buje
23	3	4	5	60	Revisar en el momento de soldar el embrague el nivel de ruido y vibración	Desmontaje de la transmisión y remoción del conjunto prensa/Realizar valoración de daños
24	3	4	5	60	Revisar en el momento de soldar el embrague el nivel de ruido y vibración	Desmontaje de la transmisión y remoción del conjunto prensa/Realizar valoración de daños

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 36 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema de transmisión que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico, Semi crítico en mayores cantidades y No crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata para las dos primeras palabras anteriores, en este caso se deberían realizar controles preventivos como la búsqueda de ruido en las ruedas una vez tomada la dirección del operador e inspecciones de detección como desmontaje de la rueda, extracción del retenedor, desmontaje de la transmisión y remoción del conjunto de prensa de los sistemas dañados para su mejoría.


Tabla 37. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema eléctrico Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-04RPN
						Versión	01
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tracto Camión				Fecha	22/04/2021
		Eléctrico				Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN	
1	7	5	3	105	Probar el funcionamiento del motor accionando el arranque	Revisar las conexiones del solenoide y el estado del embolo metálico	
2	9	5	2	90	Probar el funcionamiento del motor accionando el arranque	Comprobar conexiones de los campos	
3	3	5	2	30	Revisar el tiempo de arranque no supere los 15 seg	Comprobar el nivel de desgaste de las escobillas y el estado del rotor	
4	4	5	3	60	Comprobar ruido del motor	Analizar el desgaste del buje y su geometría	
5	8	5	7	280	Inspeccionar la lectura de voltaje	Comprobar la continuidad de los transistores empleando un multímetro	
6	5	5	2	50	Comprobar que el banco de baterías se cargue en un tiempo menor a 4 minutos	Comprobar el nivel de desgaste de las escobillas y el estado del rotor	
7	5	5	2	50	Revisar el nivel de ruido	Revisar el nivel de desgaste del rodamiento	
8	7	5	1	35	Revisar las conexiones del banco	Revisar si existen sobrecargas en el alternador	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 37 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema eléctrico que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico, Semi crítico en mayores cantidades y No crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata para las dos primeras palabras anteriores, en este caso se deberían realizar controles preventivos probar el funcionamiento del motor accionando el arranque, comprobar el ruido del motor, revisar las conexiones del banco e inspecciones de detección como la revisión de las conexiones del solenoide y el estado del embolo metálico, analizar el desgaste del buje y su geometría de los sistemas dañados para su mejoría.


Tabla 38. Análisis de la prioridad de riesgos del inyector de combustible Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-05RPN
						Versión	01
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tractoremolque				Fecha	22/02/2019
		Inyección de combustible				Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN	
1	7	3	7	147	No aplica	Desmontaje del inyector y desarmarlo	
2	7	3	7	147	No aplica	Desmontaje del inyector y extracción de aros sellos	
3	7	3	7	147	No aplica	Desmontaje del inyector y desarmarlo/ Valoración del daño	
4	2	5	6	60	No aplica	Desmontaje de filtros	
5	4	3	7	84	No aplica	Desmontaje del actuador, comprobación de continuidad	
6	7	3	7	147	No aplica	Desmontaje del actuador, comprobación de continuidad	
7	6	4	5	120	Revisión de las superficies de la bomba de combustible en búsqueda de fugas	Desmontaje de bomba de combustible y extracción de aro sellos	
8	8	7	8	448	Revisión de las superficies de la bomba de combustible en búsqueda de fugas	Desmontaje de bomba de combustible	
9	8	4	8	256	No aplica	Desmontaje del regulador	
10	7	4	8	224	No aplica	Desmontaje del regulador	
11	7	5	5	175	Probar la continuidad del solenoide	Desmontaje de válvula	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 38 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema inyector que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico en mayores cantidades y Semi crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata, en este caso se deberían realizar controles preventivos para la revisión de la superficies de la bomba de combustible en búsqueda de fugas e inspecciones de desmontaje del inyector y desarmarlo, desmontaje del regulador y válvula de los sistemas dañados para su mejoría.


Tabla 39. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema de lubricación Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-06RPN	
						Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión					Fecha	23/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Lubricación					Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN		
1	8	3	6	144	Revisar la presión de operación en el tablero	Desmontaje de la tubería de succión		
2	8	3	6	144	Variaciones en la lectura de presión	Desmontaje de la bomba y valoración de daños		
3	8	3	6	144	Detección de ruido en la bomba de lubricación	Desmontaje de la bomba de lubricación		
4	8	3	6	144	Inspección visual de fugas de lubricante en la ubicación de la bomba	Desmontaje de la bomba de lubricación		
5	8	4	3	96	Revisar la temperatura de operación del motor	Desmontar el enfriador de aceite		
6	8	4	3	96	Revisar el enfriador de aceite en busca de fugas	Desmontar el enfriador de aceite		
7	7	3	3	63	Revisar la temperatura de operación	Desmontaje de componente		
8	7	3	6	126	No aplica	Desmontaje de filtro		
9	3	3	4	36	Revisar la superficie del Carter en búsqueda de fuga	Desmontar el Carter y remoción del empaque		

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 39 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema de lubricación que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico en mayores cantidades, Semi crítico y no crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata, en este caso se deberían realizar controles preventivos para la detección de ruido en la bomba de lubricación, revisión de la superficie del Carter en búsqueda de fuga, revisar el enfriador del aceite e inspecciones de desmontaje de la tubería de succión, desmontaje de filtros y componentes de los sistemas dañados para su mejoría.


Tabla 40. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema de admisión de aire Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-07RPN
						Versión	01
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tracto Camión				Fecha	23/04/2021
		Admisión de aire				Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN	
1	2	5	3	30	No aplica	Remoción del filtro	
2	5	5	3	75	Búsqueda de ruido en el turbo cargador	Desmontaje del turbo cargador	
3	8	5	9	360	Búsqueda de fugas de lubricante	Desmontaje del turbo cargador	
4	8	4	7	224	Búsqueda de ruido y presencia del humo negro en el escape	Desmontaje del turbo cargador/ Búsqueda de desgaste en la carcasa por sobrecalentamientos	
5	8	4	7	224	Búsqueda de ruido y presencia del humo negro en el escape	Desmontaje del turbo cargador	
6	5	5	3	75	Búsqueda de grietas o aberturas en la superficie de los conductos	Desmontaje de línea de admisión de aire	
7	3	5	3	45	Revisión del estado de las paletas del intercooler	Desmontaje del intercooler	
8	3	5	6	90	Búsqueda de lubricante en las conexiones del intercooler y en el turbo cargador	Desmontaje del intercooler	
9	3	5	5	75	Revisión visual de las conexiones para valoración de estado	Desmontaje de las líneas de alimentación de aire	
10	3	7	3	63	Revisión de la conexión del múltiple con el bloque	Desmontaje del múltiple	
11	3	3	3	27	Revisión de la conexión del múltiple con el bloque	Desmontaje del múltiple	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 40 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema de admisión de aire que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico en mayores cantidades, Semi crítico y no crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata, en este caso se deberían realizar controles preventivos para la búsqueda de ruido en el turbo cargador, revisión de la conexión del múltiple con el bloque inspecciones de desmontaje del turbo cargador, desmontaje del múltiple, desmontaje del intercooler de los sistemas dañados para su mejoría.

Tabla 41. Análisis de la prioridad de riesgos del sistema de enfriamiento Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO					Código	MTO-08RPN
	EQUIPO SISTEMA FUNCIONAL	Tracto Camión				Versión	01
		Enfriamiento				Fecha	23/04/2021
						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS	INSPECCIÓN DE DETECCIÓN	
1	6	4	7	168	Revisar el nivel de temperatura no se eleve rápidamente después de operar el motor	Desmontaje de la bomba y valoración de desgaste interno	
2	6	4	7	168	No aplica	Desmontaje de la bomba y valoración de desgaste interno	
3	6	4	3	72	Búsqueda de ruido excesivo en la bomba	Desmontaje de la bomba y remoción de rodamientos	
4	6	4	2	48	Búsqueda de goteos frecuente en la bomba	Desmontaje de la bomba	
5	6	6	7	252	Revisar el nivel de temperatura no se eleve rápidamente después de operar el motor	Desmontaje del radiador	
6	2	5	2	20	Revisar el estado de la superficie de las mangueras	Desmontaje de mangueras defectuosas	
7	6	5	7	210	Revisar si la temperatura se eleva rápidamente después de un corto periodo de operación del motor	Desmontaje de cámara de termostatos	
8	7	5	7	245	No aplica	Desmontaje del filtro	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 41 se presenta el análisis de prioridad de riesgos de cada modo de falla del sistema de enfriamiento que consiste en dar una valoración ponderal del 1 al 10 para la gravedad, frecuencia, detectabilidad según sea el contexto y se determinó que el índice de riesgo para el sistema es Crítico en mayores cantidades, Semi crítico y no crítico por lo que se deberían realizar actividades correctivas de forma inmediata, en este caso se deberían realizar controles preventivos como la búsqueda de ruido excesivo, búsqueda de goteos frecuentes en la bomba e inspecciones de detección como desmontaje del radiador, desmontaje de la bomba, desmontaje de cámara de termostatos de los sistemas dañados para su mejoría.

## **PASO VI**

### **Determinar el programa de mantenimiento basado en el RCM**

Seguidamente de responder a las 7 preguntas de la metodología RCM utilizando las herramientas principales, se plantean actividades para prevenir y eliminar los eventos no deseados, se establecen frecuencias de las actividades y las técnicas a emplear.


Una vez establecido el análisis de mantenimiento basado en la confiabilidad de los equipos, se realizan programas de mantenimiento diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y por último anual en cumplimiento de los controles preventivos e inspecciones de detección en cada uno de los sistemas funcionales del tractocamión donde se les programará y se designaran personales a cargo, técnicos y repuestos necesarios para garantizar la disponibilidad y aumentar la productividad bajo lineamientos de la gerencia.

Así, se monitoreará el avance de las actividades, lo que permitirá evaluar la efectividad del plan de mantenimiento basado en RCM en un corto período de tiempo. Las actividades se programarán a través del OT y se archivarán para control histórico y asistencia con problemas futuros.

Se mostrará en primer lugar el programa de mantenimiento general de los equipos realizados con el equipo de trabajo.



Tabla 42. Programa de mantenimiento vehicular

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION		Código:		MTO 01-R-07	
			Versión:		04	
	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO VEHICULAR		Fecha:		23-04-21	
			Página:		1 / 1	
AÑO		PLACA				
Actividades	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR						
Verificar vigencia de Revisión Técnica						
Revisar estado y sujeción de placas						
Revisar estado y sujeción de espejos exteriores						
Revisar funcionamiento de limpiaparabrisas						
Revisar estado de plumillas de limpiaparabrisas						
Revisar funcionamiento de lavaparabrisas						
Revisar estado y fijación de guardabarros						
CARROCERIA						
Revisión general de cabina y soportes de sujeción						
Lubricar con spray o grafito cerraduras de puertas						
Revisar apertura y cierre de puertas y capot						
Revisar estado de parabrisas y demás vidrios						
Revisar estado y sujeción de estribos/pasamanos						
Quinta rueda: Revisar juego enganchado						
Quinta rueda: revisar muelas, desgaste en bujes y anclaje						
Quinta rueda: revisa sistema de traba						
Quinta rueda: lubricar plancha, muelas y traba						
Quinta rueda: revisar estado y sujeción de pernos al chasis						
Revisar estado y sujeción de parachoques delantero						
ACONDICIONAMIENTO INTERIOR						
Revisar estado y sujeción del asiento del conductor						
Revisar estado y sujeción del asiento del pasajero						
Revisar estado del piso de la cabina						


Cinturones de seguridad: revisar estado y sujeción						
Revisar funcionamiento de luces de cabina, relojes, luces de tablero						
Bocina: verificar funcionamiento, intensidad de sonido						
<b>LUCES (REVISAR ESTADO Y FUNCIONAMIENTO)</b>						
Luces de techo						
Luces laterales						
Luces intermitentes						
Luces de freno						
Luces de retroceso						
Luz larga						
Luz corta						
<b>FRENOS</b>						
Regular frenos por eje y por rueda (excepto los reguladores automáticos)						
Revisar accionamiento de reguladores de freno y lubricar						
Lubricar levas de freno						
Comprobar que no haya fugas de aire por mangueras y tuberías						
Revisar espesor de zapatas de freno						
Verificar guardapolvos de freno						
Verificar estado de tambores de frenos						
Revisar tanques de aire, tuberías, mangueras de freno						
Revisar cámaras de frenos						
Verificar accionamiento de frenos de estacionamiento						
Compresora de aire: revisar estado, fugas						
Tanques de aire: purgar						
<b>SISTEMA DE ANCLAJE AL CHASIS</b>						
Verificar estado del Pin						
Verificar el estado del kramer y sujecion						
<b>DIRECCION</b>						
Revisar alineamiento de dirección						
Revisar desgaste de neumáticos						
Neumáticos: Rotación						
Revisar juego axial de columna de dirección						
Revisar juego en junta cardánica de columna de dirección						
Revisar juego en volante de dirección						
Caja de dirección: revisar apriete de pernos de sujeción al chasis						

Caja de dirección: verificar que no haya fugas de aceite hidráulico						
Caja de dirección: revisar brazo pitman						
Terminales de dirección: revisar estado, lubricar						
Verificar estado de barra de dirección						
Revisar estado de mangueras flexibles de servo de dirección						
Servo de dirección: verificar estado						
Recipiente de aceite hidráulico de dirección: revisar nivel						
<b>EJES Y SUSPENSIÓN</b>						
<b>Ejes y Suspensión -- Tren Delantero</b>						
Revisar juego de pines y bocinas						
Lubricar pines y bocinas						
Revisar y lubricar rodamientos de muñones						
Muelles delanteros: revisar estado, lubricar bocinas, pines y grilletes						
Revisar estado de amortiguadores						
<b>Ejes y Suspensión -- Tren posterior</b>						
Revisar fugas de aceite en diferenciales						
Revisar juego de rodajes de bocamazas						
Revisar niveles de aceites de diferencial						
Revisar bocinas de templadores						
Revisar amortiguadores						
Revisar estado de muelles, estado de bocinas de balancín de muelle						
Bolsas de aire: revisar estado, fugas, regulación						
<b>Ejes y Suspensión -- Todos los ejes</b>						
Neumáticos: revisar estado y presiones en frío						
Neumáticos: revisar profundidad de cocada (5 mm mínimo)						
Revisar apriete de pernos de ruedas						
<b>CHASIS, MOTOR Y TRANSMISION</b>						
Revisar chasis y travesaños por fisuras y apriete de pernos						
Revisar estado de crucetas y cardán, lubricar						
Revisar fugas de combustible por tanques o mangueras						
Revisar arneses de instalación eléctrica						
Revisar estado de extensión eléctrica para semirremolque						
Revisar estado de extensiones de aire para semirremolque						

Revisar estado y sujeción de tubo de escape						
Revisar estado y sujeción de silenciador						
Revisar estado y sujeción de baterías						
Revisar fugas de aceite de motor						
Revisar control de cambios de aceite y filtros (programa de matto)						
Revisar nivel de refrigerante						
Revisar nivel de aceite motor						

En el programa de mantenimiento general elaborado con el equipo de trabajo del RCM se detallan las actividades en un lapso de 1 año que se realizarán a los equipos como parte de la aplicación de mejora. Cada una de las actividades son realizadas en base a los sistemas del tractocamión con relación al AMEF y al análisis de la prioridad de riesgos.


Tabla 43. Inspección de mantenimiento diario

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION										Validado por:										Placa										
	INSPECCION DE MANTENIMIENTO - DIARIO																														
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CARRICERIA																															
Quinta rueda: revisa sistema de traba																															
FRENOS																															
Verificar accionamiento de frenos de estacionamiento																															
Tanques de aire: purgar																															
DIRECCION																															
Recipiente de aceite hidráulico de dirección: revisar nivel																															
CHASIS, MOTOR Y TRANSMISION																															
Revisar nivel de refrigerante																															
Revisar nivel de aceite motor																															

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CARROCERIA																															
Quinta rueda: revisa sistema de traba																															
FRENOS																															
Verificar accionamiento de frenos de estacionamiento																															
Tanques de aire: purgar																															
DIRECCION																															
Recipiente de aceite hidráulico de dirección: revisar nivel																															
CHASIS , MOTOR Y TRANSMISION																															
Revisar nivel de refrigerante																															




Tabla 44. Inspección de mantenimiento semanal

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTION</b>					<b>Validado por:</b>		<b>Placa</b>		
	<b>INSPECCION DE MANTENIMIENTO - SEMANAL</b>									
	<b>MES</b>					<b>MES</b>				
<b>ACTIVIDAD SEMANAL</b>	<b>1 ra Semana</b>	<b>2da Semana</b>	<b>3ra Semana</b>	<b>4ta Semana</b>	<b>5ta Semana</b>	<b>1 ra Semana</b>	<b>2da Semana</b>	<b>3ra Semana</b>	<b>4ta Semana</b>	<b>5ta Semana</b>
<b>ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR</b>										
Revisar estado y sujeción de placas										
Revisar funcionamiento de limpiaparabrisas										
<b>CARROCERIA</b>										
Revisar estado de parabrisas y demás vidrios										
<b>ACONDICIONAMIENTO INTERIOR</b>										
Revisar funcionamiento de luces de cabina, relojes, luces de tablero										
Bocina: verificar funcionamiento, intensidad de sonido										
<b>LUCES (REVISAR ESTADO Y FUNCIONAMIENTO)</b>										
Luces de techo										
Luces laterales										
Luces intermitentes										
Luces de freno										
Luces de retroceso										
Luz larga										
Luz corta										
<b>FRENOS</b>										
Comprobar que no haya fugas de aire por mangueras y tuberías										

Revisar tanques de aire, tuberías, mangueras de freno										
Revisar cámaras de frenos										
<b>DIRECCION</b>										
Caja de dirección: verificar que no haya fugas de aceite hidráulico										
Revisar estado de mangueras flexibles de servo de dirección										
<b>EJE Y SUSPENSIÓN</b>										
<b>Ejes y Suspensión -- Tren posterior</b>										
Revisar fugas de aceite en diferenciales										
Bolsas de aire: revisar estado, fugas, regulación										
<b>Ejes y Suspensión -- Todos los ejes</b>										
Neumáticos: revisar estado y presiones en frío										
<b>CHASIS, MOTOR Y TRANSMISION</b>										
Revisar fugas de aceite de motor										




Tabla 45. Inspección de mantenimiento mensual

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Validado por:	Placa
	INSPECCION DE MANTENIMIENTO - MENSUAL		

ACTIVIDAD MENSUAL	ME S	ME S	ME S	ME S	ME S	ME S	ME S	M ES	M ES	M ES	M ES	M ES
	En e	Fe b	Ma r	Abr	Ma y	Jun	Jul	A gt	S et	O ct	N ov	Di c
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR</b>												
Verificar vigencia de Revisión Técnica												
Revisar estado y sujeción de espejos exteriores												
Revisar estado de plumillas de limpiaparabrisas												
<b>CARROCERIA</b>												
Revisar apertura y cierre de puertas y capot												
Revisar estado de parabrisas y demás vidrios												
Quinta rueda: lubricar plancha, muelas y traba												
<b>ACONDICIONAMIENTO INTERIOR</b>												
Cinturones de seguridad: revisar estado y sujeción												
<b>FRENOS</b>												
Revisar accionamiento de reguladores de freno y lubricar												
Lubricar levas de freno												
<b>DIRECCION</b>												
Revisar juego axial de columna de dirección												
Revisar juego en junta cardánica de columna de dirección												
Revisar juego en volante de dirección												
Caja de dirección: revisar brazo pitman												
<b>EJES Y SUSPENSION</b>												
<b>Ejes y Suspensión -- Tren Delantero</b>												
Lubricar pines y bocinas												
Muelles delanteros: revisar estado, lubricar bocinas, pines y grilletes												
<b>Ejes y Suspensión -- Tren posterior</b>												
Revisar niveles de aceites de diferencial												

Ejes y Suspensión -- Todos los ejes													
Revisar apriete de pernos de ruedas													
CHASIS, MOTOR Y TRANSMISION													
Revisar estado de crucetas y cardán, lubricar													
Revisar estado de extensión eléctrica para semiremolque													
Revisar estado de extensiones de aire para semiremolque													
Revisar estado y sujeción de baterías													
Revisar control de cambios de aceite y filtros (programa de matto)													


Tabla 46. Inspección de mantenimiento trimestral

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTION</b>	<b>Validado por;</b>	<b>Placa</b>
	<b>INSPECCION DE MANTENIMIENTO - TRIMESTRAL</b>		

ACTIVIDAD TRIMESTRAL	I TRIMESTRE	II TRIMESTRE	III TRIMESTRE	IV TRIMESTRE
<b>ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR</b>				
Revisar estado y fijación de guardabarros				
<b>CARROCERIA</b>				
Quinta rueda: Revisar juego enganchado				
<b>ACONDICIONAMIENTO INTERIOR</b>				
Revisar estado y sujeción del asiento del conductor				
Revisar estado y sujeción del asiento del pasajero				
<b>FRENOS</b>				
Regular frenos por eje y por rueda (excepto los reguladores automáticos)				
<b>SISTEMA DE ANCLAJE AL CHASIS</b>				
Verificar el estado del Pin				
Verificar el estado del Kramer y Sujeción				
<b>DIRECCION</b>				
Revisar alineamiento de dirección				
Revisar desgaste de neumáticos				
Terminales de dirección: revisar estado, lubricar				
Verificar estado de barra de dirección				
<b>EJE Y SUSPENSION</b>				

<b>Ejes y Suspensión -- Tren Delantero</b>				
Revisar juego de pines y bocinas				
Revisar estado de amortiguadores				
<b>Ejes y Suspensión -- Todos los ejes</b>				
Neumáticos: revisar profundidad de cocada (5 mm mínimo)				
<b>CHASIS, MOTOR Y TRANSMISION</b>				
Revisar estado y sujeción de tubo de escape				
Revisar estado y sujeción de silenciador				


Tabla 47. Inspección de mantenimiento semestral

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTION</b>	<b>Validado por:</b>	<b>Placa</b>
	<b>INSPECCION DE MANTENIMIENTO-SEMESTRAL</b>		

ACTIVIDAD SEMESTRAL	1er Semestre	2do Semestre
<b>ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR</b>		
Revisar funcionamiento de lavaparabrisas		
<b>CARROCERIA</b>		
Revisión general de cabina y soportes de sujeción		
Revisar estado y sujeción de estribos / pasamanos		
Quinta rueda: revisar estado y sujeción de pernos al chasis		
Revisar estado y sujeción de parachoques delantero		
<b>ACONDICIONAMIENTO INTERIOR</b>		
Revisar estado del piso de la cabina		
<b>FRENOS</b>		
Revisar espesor de zapatas de freno		
Verificar guardapolvos de freno		
Compresora de aire: revisar estado, fugas		
<b>DIRECCION</b>		
Neumáticos: Rotación		
Caja de dirección: revisar apriete de pernos de sujeción al chasis		
Servo de dirección: verificar estado		
<b>EJE Y SUSPENSION</b>		
<b>Ejes y Suspensión -- Tren Delantero</b>		
Revisar y lubricar rodamientos de muñones		
<b>Ejes y Suspensión -- Tren posterior</b>		
Revisar juego de rodajes de bocamazas		

Revisar bocinas de templadores		
Revisar amortiguadores		
Revisar estado de muelles, estado de bocinas de balancín de muelle		
<b>CHASIS, MOTOR Y TRANSMISION</b>		
Revisar chasis y travesaños por fisuras y apriete de pernos		
Revisar fugas de combustible por tanques o mangueras		

Tabla 48. Inspección de mantenimiento anual


	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTION</b>	<b>Validado por:</b>	<b>Placa</b>
	<b>INSPECCION DE MANTENIMIENTO - ANUAL</b>		

ACTIVIDAD ANUAL	PERIODO
<b>CARROCERIA</b>	
Lubricar con spray o grafito cerraduras de puertas	
Quinta rueda: revisar muelas, desgaste en bujes y anclaje	
<b>FRENOS</b>	
Verificar estado de tambores de frenos	
<b>CHASIS, MOTOR Y TRANSMISION</b>	
Revisar arneses de instalación eléctrica	

PERIODO DE INSPECCION	OBSERVACION	FECHA DE REGITRO	FECHA DE LEVANTAMIENTO

Luego de realizar el programa de mantenimiento a los equipos se realiza un nuevo análisis de la prioridad de riesgos para hacer una diferencia del índice de riesgo valorados con el objetivo de disminuir los niveles críticos a semi críticos e incluso no críticos de los sistemas.

Tabla 49. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de motor Inversiones Látigo Negro S.A.C


	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA					Código	MTO-01RPNM	
						Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión					Fecha	22/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL						Motor	
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS	ACCIONES TOMADAS		
1	3	4	8	96	Reemplazo e pistones y anillos	Cada 1 400 000 KM		
2	2	4	10	80	Reemplazo de casquetes	Cada 1 400 000 KM		
3	2	4	10	80	Reemplazo de casquetes/ Lubricación de superficies/ Calibración de válvulas y freno de motor	Cada 1 400 000 KM		
4	2	3	10	60	Reemplazo de camisas de motor	Cada 1 400 000 KM		
5	3	4	7	84	Reemplazo de empaque de motor	Cada 1 400 000 KM		
6	3	4	8	96	Reemplazo de empaque	Cada 1 400 000 KM		
7	2	3	9	54	Reemplazo de válvulas de escape	Cada 1 400 000 KM		
8	2	3	9	54	Reemplazo de válvulas de admisión	Cada 1 400 000 KM		
9	2	4	8	64	Reemplazo de casquetes	Cada 1 400 000 KM		

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 49 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema de motor y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel semi crítico ya que tiene una ponderación menor a 100 puntos, en este caso se recomendaron acciones de reemplazo de pistones y anillos, reemplazo de motor, reemplazo de casquetes, reemplazo de válvulas en un promedio de cada 1400000 KM de recorrido para mejorar la vida útil del vehículo.



Tabla 50. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de frenos Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA						Código	MTO-02RPNM	
							Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión						Fecha	22/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Frenos						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS		ACCIONES TOMADAS		
1	8	5	1	40	Reemplazo del rodamiento		Cada100.000 KM		
2	4	5	1	20	Reemplazo del empaque		Cada100.000 KM		
3	8	5	1	40	Reemplazo pistón con nueva geometría y casquetes		Cada100.000 KM		
4	4	5	1	20	Cambio de filtro de aire		Cada 30.000 KM		
5	8	4	1	32	Reemplazo del conjunto de válvulas		Cada100.000 KM		
6	4	5	1	20	Reemplazo de empaques		Cada 60.000 KM		
7	4	5	1	20	Reemplazo de sello		Cada 60.000 KM		
8	3	6	1	18	Sustitución de resorte		Cada 60.000 KM		
9	3	6	1	18	Sustitución de fuelle		Cada 60.000 KM		
10	8	5	1	40	Reemplazo de empaques		Cada 60.000 KM		
11	5	5	1	25	Reemplazo de empaques/ En caso de grietas de válvula		Cada 60.000 KM		
12	6	6	1	36	Reemplazo del juego de empaques		Cada 60.000 KM		
13	6	6	1	36	Reemplazo de empaques de sellos		Cada 60.000 KM		
14	4	5	1	20	Reemplazo de empaques		Cada 60.000 KM		
15	2	4	1	8	Reemplazo de resorte		Cada 60.000 KM		
16	2	4	1	8	Reemplazo de fuelle		Cada 60.000 KM		
17	2	4	1	8	Reemplazo de la cámara de freno		Cada 60.000 KM		
18	8	6	1	48	Reemplazo de empaques		Cada 60.000 KM		
19	8	6	1	48	Cambio de juego de bandas si el desgaste es próximo al remache		Cada 60.000 KM		
20	4	5	1	20	Reemplazo de empaques		Cada 60.000 KM		
21	4	5	1	20	Reemplazo de cartucho		Cada 90.000 KM		
22	4	5	1	20	Reemplazo conjunto de empaques y válvula por grietas		Cada 90.000 KM		

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 50 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema de frenos y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel no crítico ya que tiene una ponderación menor a 50 puntos, en este caso se recomendaron acciones de reemplazo de cartucho, empaque, resorte, fuelle, cambio de juego de bandas cada 60000 KM, 100000KM, 30000KM de recorrido para mejorar la vida útil del vehículo.


Tabla 51. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de transmisión Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA					Código	MTO-03RPNM	
						Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión					Fecha	22/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Transmisión					Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS	ACCIONES TOMADAS		
1	7	3	1	21	Reemplazo de rodamientos	Cada 200.000 KM		
2	10	3	1	30	Reemplazo de juego de engranes por cambio v.	Cada 200.000 KM		
3	10	3	1	30	Limpieza de rieles y cambio de bujes	Cada 200.000 KM		
4	10	3	1	30	Reemplazo de la bomba y trenes de engrane dañados	Cada 200.000 KM		
5	10	3	1	30	Reemplazo de bujes	Cada 200.000 KM		
6	2	5	2	20	Reemplazo de mangueras	Por inspección		
7	6	5	2	60	Reemplazo de conjunto de yugos y resortes	Por inspección		
8	6	5	1	30	Reemplazo de líneas neumáticas y empaques regulador	Cada 60.000 KM		
9	6	5	2	60	Reemplazo de empaque	Por inspección		
10	6	5	1	30	Reemplazo del cilindro de rango	Cada 60.000 KM		
11	8	4	1	32	Desmontar radiador y sondear	Cada 100.000 KM		
12	10	7	1	70	Cambio de rodamientos	Cada 200.000 KM		
13	10	7	1	70	Reemplazo de piñones	Cada 200.000 KM		
14	5	5	1	25	Cambio de lubricante	Cada 60.000 KM		
15	10	7	1	70	Cambio del piñón motriz y componentes afectados	Cada 200.000 KM		
16	10	7	1	70	Reemplazo de la corona	Cada 200.000 KM		
17	10	7	1	70	Cambio de rodamientos	Cada 200.000 KM		
18	10	7	1	70	Cambio de sellos y silicona	Cada 200.000 KM		
19	10	7	1	70	Reemplazo de engrane lateral	Cada 200.000 KM		
20	3	5	1	15	Cambio de rodamientos	Cada 60.000 KM		
21	3	5	1	15	Cambio de retenedor	Cada 60.000 KM		
22	3	5	1	15	Cambio del buje	Cada 60.000 KM		
23	3	4	1	12	Reemplazo del disco y lijado del volante del motor	Cada 200.000 KM		
24	3	4	1	12	Reemplazo del muelle de diafragma	Cada 200.000 KM		

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 51 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema de transmisión y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel semi y no crítico ya que tiene una ponderación menor a 100 y 50 puntos, se recomendaron acciones de cada 60000 KM de recorrido del vehículo.


Tabla 52. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema eléctrico Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA					Código	MTO-04RPNM
						Versión	01
	Tracto Camión					Fecha	22/04/2021
	Eléctrico					Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS	ACCIONES TOMADAS	
1	7	5	1	35	Lijar el embolo para mejorar el contacto eléctrico / Reemplazar en caso de excesivo desgaste/ Comprobar conexiones	Cada 100.000 KM	
2	9	5	1	45	Reemplazo de los campos eléctricos / Aplicar soldadura si la desconexión es leve	Cada 100.000 KM	
3	3	5	1	15	Reemplazo del conjunto de escobillas	Cada 100.000 KM	
4	4	5	1	20	Reemplazo de bujes	Cada 100.000 KM	
5	8	5	1	40	Reemplazo de transistor o de la placa de regulador en el caso de estar averiada por completo	Cada 60.000 KM	
6	5	5	1	25	Reemplazar el juego de escobillas	Cada 60.000 KM	
7	5	5	1	25	Reemplazo del rodamiento	Cada 60.000 KM	
8	7	5	1	35	Limpiar los bornes de las baterías, inspecciones frecuentes	Por inspección	

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 52 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema eléctrico y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel no crítico ya que tiene una ponderación menor a 50 puntos, en este caso se recomendaron acciones de limpieza de bornes de las baterías, inspecciones frecuentes, reemplazo del conjunto de escobillas, reemplazo de campos eléctricos, aplicar soldadura si la desconexión es leve cada 60000 KM, 100000KM de recorrido para mejorar la vida útil del vehículo.


Tabla 53. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de inyector de combustible Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA						Código	MTO-05RPNM	
							Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión						Fecha	23/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Inyección de combustible						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS	ACCIONES TOMADAS			
1	7	3	1	21	Limpieza de toberas y galerías internas (Laboratorio de inyección de combustible	Cada 100.000 KM			
2	7	3	1	21	Reemplazo de aro sellos	Cada 100.000 KM			
3	7	3	1	21	Reemplazo de tobera	Cada 100.000 KM			
4	2	5	1	10	Reemplazo de filtro	Cada 15.000 KM			
5	4	3	7	84	Reemplazo del actuador	NA			
6	4	3	7	84	Reemplazo del actuador	NA			
7	6	4	1	24	Reemplazo de aro sellos	Cada 100.000 KM			
8	8	7	1	56	Reemplazo de bomba de combustible	Cada 100.000 KM			
9	4	3	8	96	Reemplazo de regulador presión alta	NA			
10	5	3	6	90	Reemplazo de regulador presión baja	NA			
11	4	5	4	80	Reemplazo de válvula de seguridad	NA			

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 53 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema de inyector de combustible y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel semi y no crítico ya que tiene una ponderación menor a 100 y 50 puntos, en este caso se recomendaron acciones reemplazo de bomba combustible, reemplazo de válvulas de seguridad, reemplazo de filtros, reemplazo de aros sellos 15000 KM, 100000KM de recorrido para mejorar la vida útil del vehículo.


Tabla 54. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de lubricación Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA						Código	MTO-06RPNM	
							Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión						Fecha	23/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Lubricación						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS		ACCIONES TOMADAS		
1	8	3	1	24	Limpieza de la tubería y de la bomba de engranes		Cada 100.000 KM		
2	8	3	1	24	Reemplazo de eje y engrane		Cada 100.000 KM		
3	8	3	1	24	Desmontar la válvula de alivio al mínimo reajustando con ayuda del manómetro		Cada 100.000 KM		
4	8	3	1	24	Cambio de sellos de lubricación internos		Cada 100.000 KM		
5	8	4	1	32	Limpieza de placas de enfriamiento y entradas de lubricante		Cada 60.000 KM		
6	8	4	3	96	Reemplazo de empaque		Por inspección		
7	7	3	3	63	Cambio de termostato		Por inspección		
8	7	3	1	21	Cambio de filtro		Cada 15.000 KM		
9	3	3	4	36	Reemplazo de empaque		Por inspección		

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 54 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema de lubricación y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel semi y no crítico ya que tiene una ponderación menor a 100 y 50 puntos, en este caso se recomendaron acciones de limpieza de tubería y de la bomba de engranes, reemplazo de eje, cambio de termostato, reemplazo de empaque en los 15000 KM, 100000KM de recorrido para mejorar la vida útil del vehículo.


Tabla 55. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de admisión de aire Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA						Código	MTO-07RPNM	
							Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión						Fecha	23/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Admisión de aire						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS		ACCIONES TOMADAS		
1	2	5	3	30	Reemplazo del filtro		Cada 45.000 KM		
2	5	5	3	75	Cambio de sellos		Por inspección		
3	3	4	8	96	Limpieza de galería de admisión de lubricante		Por inspección		
4	3	4	1	12	Limpieza de componentes internos y lubricación		Cada 500.000 KM		
5	3	4	1	12	Reemplazo de bujes y rueda del turbo cargador		Cada 500.000 KM		
6	5	5	3	75	Aplicación de parches/En caso de desgaste excesivo se reemplaza el conducto		Por inspección		
7	3	5	3	45	Reparación de paletas/Daño mayúsculo requiere reemplazo del intercooler		Por inspección		
8	3	5	1	15	Limpieza de los conductos internos del intercooler		Cada 100.000 KM		
9	3	5	5	75	Reemplazo de mordazas		Por inspección		
10	3	7	3	63	Reemplazo de empaque		Por inspección		
11	3	3	3	27	Reemplazo del múltiple de escape		Por inspección		

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 55 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema de admisión de aire y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel semi y no crítico ya que tiene una ponderación menor a 100 y 50 puntos, en este caso se recomendaron acciones de reemplazo de empaques, limpieza de los conductos internos del intercooler, reemplazo de múltiple de escape en los 45000 KM, 100000KM de recorrido para mejorar la vida útil del vehículo.

Tabla 56. Análisis de la prioridad de riesgos mejorado del sistema de enfriamiento Inversiones Látigo Negro S.A.C

	PRIORIDAD DE RIESGO MEJORA						Código	MTO-08RPNM	
							Versión	01	
	EQUIPO	Tracto Camión						Fecha	23/04/2021
	SISTEMA FUNCIONAL	Enfriamiento						Página	1-1
ÍTEM	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS		ACCIONES TOMADAS		
1	6	4	1	24	Cambio de impeller		Cada 300.000 KM		
2	6	4	1	24	Raspado de sedimentos en la salida de la bomba y el impeller		Cada 300.000 KM		
3	6	4	1	24	Cambio de rodamientos		Cada 300.000 KM		
4	6	4	1	24	Cambio de sellos del eje/Raspado de la superficie de unión y aplicación de silicona nueva		Cada 300.000 KM		
5	6	6	1	36	Sondear radiador		Cada 100.000 KM		
6	2	5	2	20	Reemplazo de mangueras		Por inspección		
7	6	4	4	96	Reemplazo de termostatos		Por inspección		
8	7	5	1	35	Reemplazo de filtro		Cada 15.000 KM		

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 56 se precisa el análisis de prioridad de riesgos ya mejorado luego de la aplicación del programa de mantenimiento en el sistema de enfriamiento y se determinó que el índice de riesgo para el sistema ha disminuido a un nivel semi y no crítico ya que tiene una ponderación menor a 100 y 50 puntos, en este caso se recomendaron acciones de reemplazo de mangueras, reemplazo de filtro, reemplazo de termostato en los 15000 KM, 100000KM, 300.000KM de recorrido para mejorar la vida útil del vehículo.


## Recopilación de información POSTEST

**Variable independiente:** RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)

### Indicador: Confiabilidad

Indica la probabilidad de funcionamiento sin que ocurran fallas en los tractocamiones con la reducción de tiempos de inoperatividad y número de fallas.

Tabla 57. Post test de la confiabilidad en los meses de mayo y junio

POSTEST MAYO-JUNIO				
	Confiabilidad (C)		$C = \frac{TTO - TTP}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$ <p>Donde: TTO: Tiempo total operativo TTP: Tiempo total de parada</p>	
			N° Fallas	C (Horas)
9	997.3	88.5	6	151.47
10	935.6	109.5	4	206.53
11	915.5	80.0	7	119.36
12	1069.2	98.5	9	107.86
13	904.6	100.2	6	134.07
14	1020.3	95.6	5	184.94
15	1105.8	90.7	7	145.01
16	1034.5	115.0	8	114.94
PROMEDIO				145.52

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 57 se obtiene en las 8 semanas después de la aplicación de la metodología RCM un promedio de 145.52% de confiabilidad por parte de los tractocamiones al realizar el cumplimiento del servicio de manera óptima acordada con el cliente, se observa una mejora considerable en el indicador para los meses de mayo a junio.

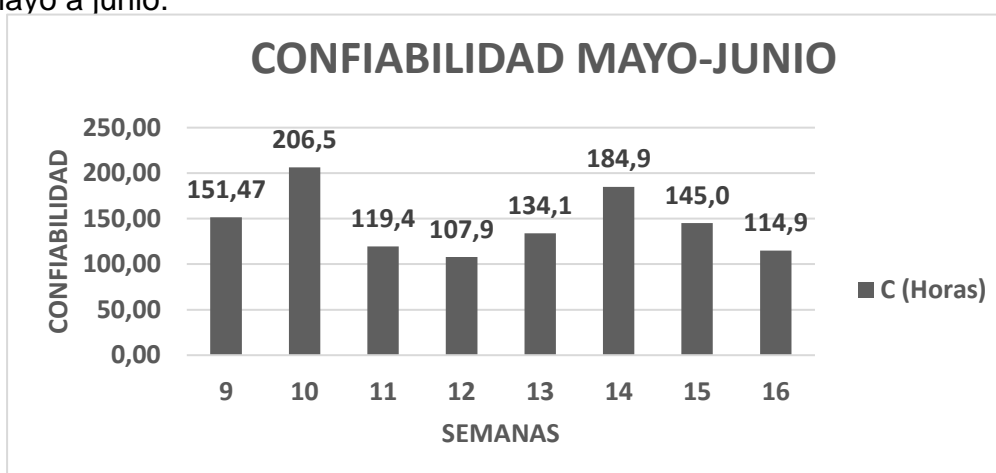



Figura 25. Confiabilidad mayo-junio post test



## Indicador: Mantenibilidad

Nos indica el tiempo que tarda en volver a condiciones operativas los tractocamiones.

Tabla 58. Post test de la mantenibilidad en los meses de mayo y junio

POSTEST MAYO-JUNIO			
	Mantenibilidad (M)	$M = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$ <p>Donde: TTR: Tiempo total de reparación</p>	
		Semana	M (Horas)
	TTR (Horas)	N° Fallas	
9	43.5	6	7.25
10	23.8	4	5.95
11	41.5	7	5.93
12	46.8	9	5.20
13	30.6	6	5.10
14	26.8	5	5.36
15	36.8	7	5.26
16	39.8	8	4.98
PROMEDIO			5.63

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 58 se obtiene en las 8 semanas después de la aplicación de la metodología RCM un promedio de 5.63 horas de mantenibilidad por parte de los tractocamiones al realizar el cumplimiento del servicio de manera óptima acordada con el cliente, se observa una mejora considerable en el indicador para los meses de mayo a junio.

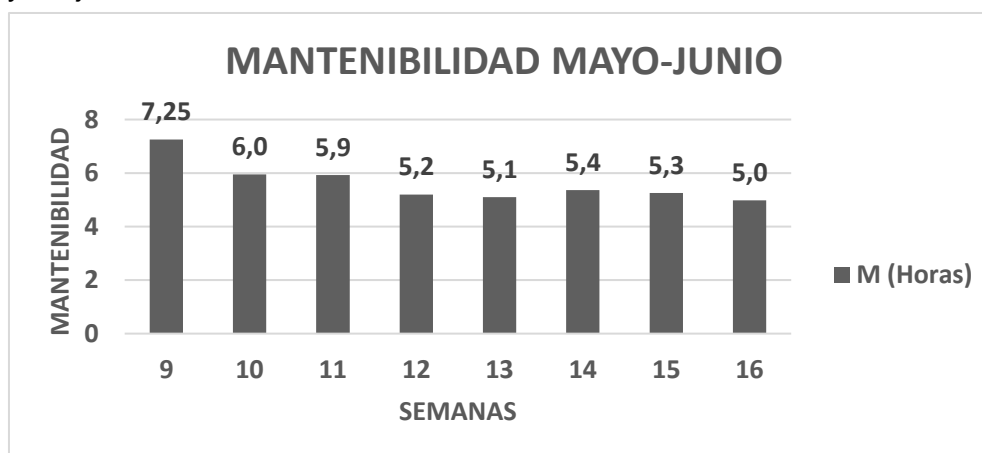



Figura 26. Mantenibilidad mayo-junio post test

## Indicador: Disponibilidad

Nos indica la probabilidad funcional de los tractocamiones al momento de ser requerido por la empresa.

Tabla 59. Post test de la disponibilidad en los meses de mayo y junio

POSTEST MAYO-JUNIO			
	<b>Disponibilidad</b>	Donde: $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento MTTR: Tiempo medio de reparación	
Semana	C (Horas)	M (Horas)	DISP
9	151.46	7.25	95.43%
10	206.50	6.00	97.18%
11	119.36	5.93	95.27%
12	107.86	5.20	95.40%
13	134.07	5.10	96.34%
14	184.94	5.36	97.18%
15	145.01	5.26	96.50%
16	114.94	4.98	95.85%
<b>PROMEDIO</b>			<b>96.14%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 59 se obtiene en las 8 semanas después de la aplicación de la metodología RCM un promedio de 96.14% de disponibilidad por parte de los tractocamiones al realizar el cumplimiento del servicio de manera óptima acordada con el cliente, se observa una mejora considerable en el indicador para los meses de mayo a junio.

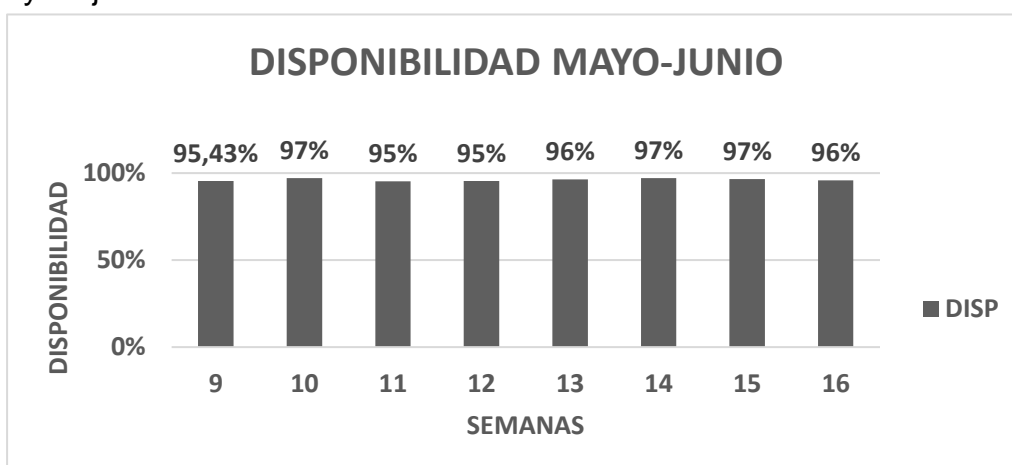



Figura 27. Disponibilidad mayo-junio post test

**Variable dependiente:** Productividad

Refleja el nivel porcentual de productividad de los tractocamiones de la empresa Látigo Negro.

Tabla 60. Post test de la productividad en los meses de mayo y junio

POS TEST MAYO-JUNIO			
	Productividad	$P = E_{fc} \times E_f$	
Semana	$E_{fc}$	$E_f$	Prod
9	94.89%	90.00%	85.40%
10	95.00%	94.00%	89.30%
11	94.80%	93.33%	88.48%
12	95.65%	91.67%	87.68%
13	97.17%	90.63%	88.06%
14	94.11%	94.12%	88.58%
15	95.89%	94.59%	90.71%
16	96.51%	91.43%	88.24%
PROMEDIO			88.31%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 60 se obtiene en las 8 semanas después de la aplicación de la metodología RCM un promedio de 88.31% de productividad por parte de los tractocamiones al realizar el cumplimiento del servicio de manera óptima acordada con el cliente, se observa una mejora considerable en el indicador para los meses de mayo a junio.

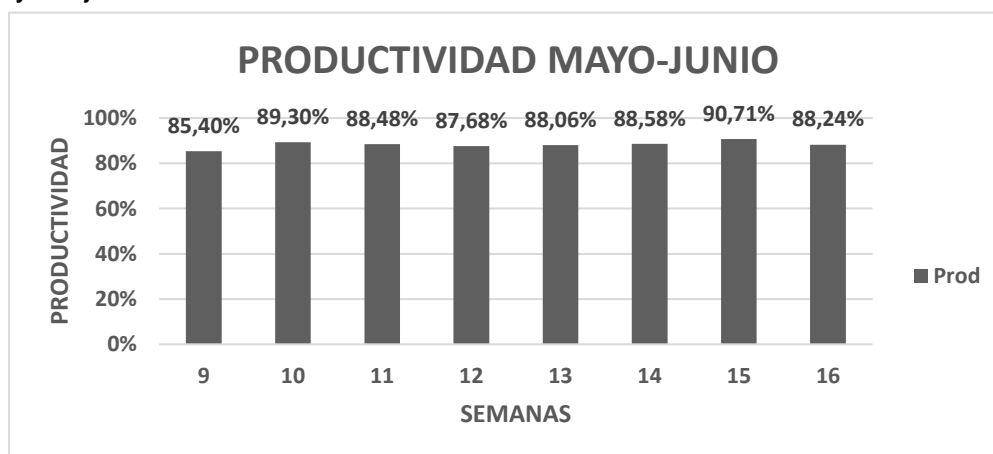



Figura 28. Productividad mayo-junio post test

## Indicador: Eficiencia

Nos indica el nivel porcentual de eficiencia a través de los tiempos de ruta utilizados por los tractocamiones durante la prestación del servicio.

Tabla 61. Post test de la eficiencia en los meses de mayo y junio

POSTEST MAYO-JUNIO			
	Eficiencia		$Efc = \frac{TTPR}{TTUR}$ Donde: TTPR: Tiempo total programado TTUR: Tiempo total utilizado
	Semana	TTPR (Horas)	TTUR (Horas)
	9	1190.5	1254.6
	10	1231.40	1293.60
	11	1083.05	1142.50
	12	1306.30	1365.70
	13	1183.35	1217.80
	14	1223.10	1299.60
	15	1103.45	1150.70
	16	1288.65	1335.20
	<b>PROMEDIO</b>		<b>95.53%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 61 se obtiene en las 8 semanas después de la aplicación de la metodología RCM un promedio de 95.53% de eficiencia por parte de los tractocamiones al realizar el cumplimiento del servicio de manera óptima acordada con el cliente, se observa una mejora considerable en el indicador para los meses de mayo a junio.

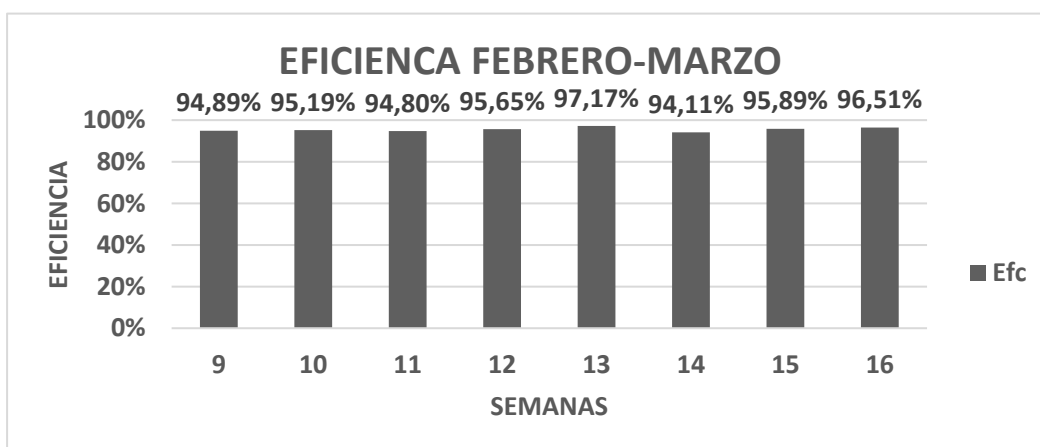



Figura 29. Eficiencia febrero-marzo post test

## Indicador: Eficacia

Nos indica el nivel porcentual de eficacia a través de las entregas realizadas o servicios cumplidos según lo acordado con el cliente.

Tabla 62. Post test de la eficiencia en los meses de mayo y junio

POSTEST MAYO-JUNIO			
	<b>Eficacia</b>	$Ef = \frac{ER}{EP}$ <p>Donde: ER: Entregas realizadas EP: Entregas programadas</p>	
Semana	ER (# entregas)	EP (# entregas)	Ef
9	27	30	90%
10	31	33	93.94%
11	28	30	93.33%
12	33	36	91.67%
13	29	32	90.63%
14	32	34	94.12%
15	35	37	94.59%
16	32	35	91.43%
<b>PROMEDIO</b>			<b>92.46%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 62 se obtiene en las 8 semanas después de la aplicación de la metodología RCM un promedio de 90.00% de eficacia por parte de los tractocamiones al realizar el cumplimiento del servicio de manera óptima acordada con el cliente, se observa una mejora considerable en el indicador para los meses de mayo a junio.

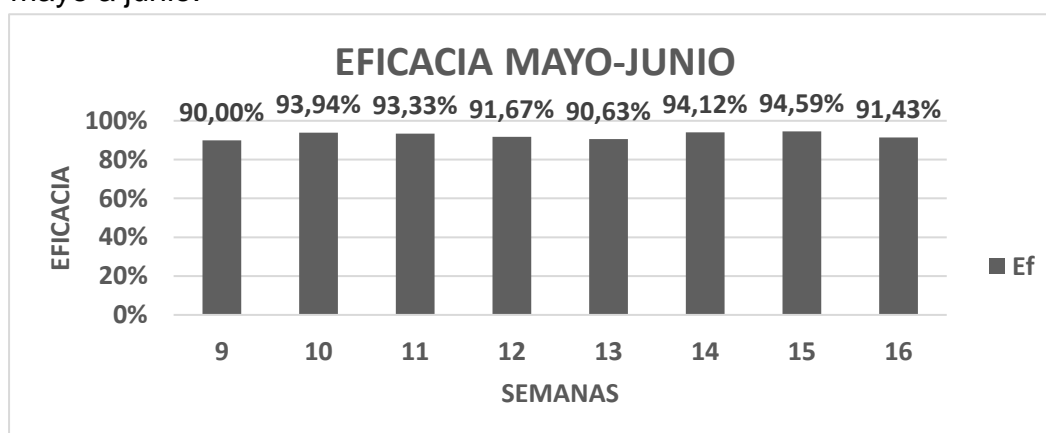


Figura 30. Eficacia mayo-junio post test

## Análisis comparativo

**Variable independiente:** RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)

**Indicador: Confiabilidad**

Nos indica la probabilidad de funcionamiento sin que ocurran fallas en los tractocamiones.

Tabla 63. Análisis comparativo confiabilidad pretest y post test

ANÁLISIS COMPARATIVO PRE TEST-POSTEST		
Semana	Confiabilidad (H)	
	PRE TEST	POST TEST
1	68.63	151.47
2	89.26	206.53
3	82.71	119.36
4	67.33	107.86
5	73.70	134.07
6	67.69	184.94
7	87.31	145.01
8	81.35	114.94
PROMEDIO	77.25	145.52

Fuente: Elaboración propia

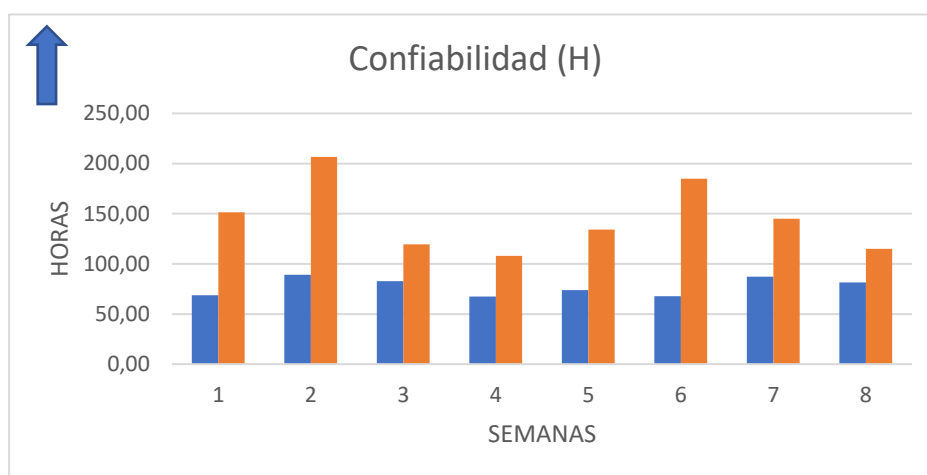


Figura 31. Análisis comparativo confiabilidad

En la tabla 63, se realizó un análisis comparativo entre la confiabilidad anterior y luego de implementado los cambios se obtuvo un nuevo resultado, el cual tiene una diferencia de 68.27 horas de mejora por el periodo de 8 semanas de estudio.

**Indicador: Mantenibilidad**

Nos indica el tiempo que tarda en volver a condiciones operativas los tractocamiones.

Tabla 64. Análisis comparativo mantenibilidad pretest y post test

ANÁLISIS COMPARATIVO PRE TEST-POSTEST		
Semana	Mantenibilidad (H)	
	PRE TEST	POST TEST
1	8.48	7.25
2	8.43	5.95
3	8.97	5.93
4	8.78	5.20
5	9.24	5.10
6	9.63	5.36
7	11.13	5.26
8	8.75	4.98
PROMEDIO	9.18	5.63

Fuente: Elaboración propia

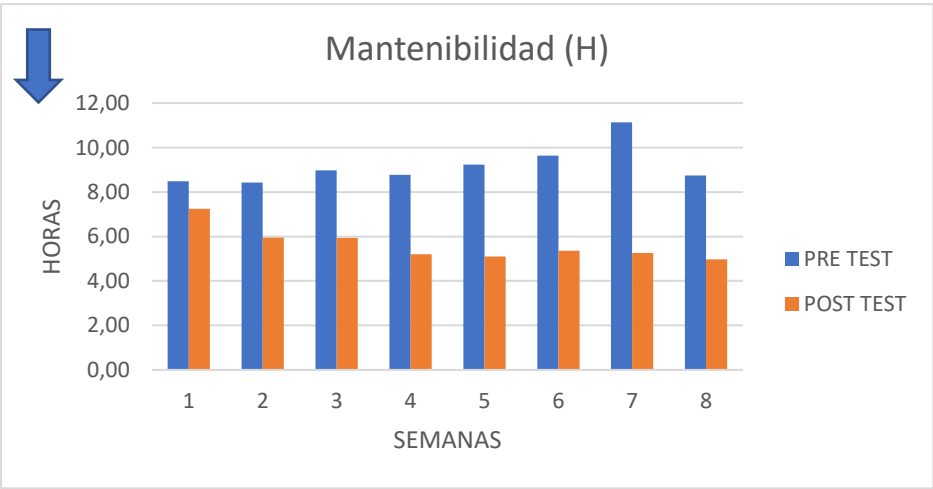


Figura 32. Análisis comparativo mantenibilidad

En la tabla 64, se realizó un análisis comparativo entre la mantenibilidad anterior y luego de implementado los cambios se obtuvo un nuevo resultado, el cual tiene una diferencia de 3.55 horas de mejora por el periodo de 8 semanas de estudio.

**Indicador: Disponibilidad**

Nos indica la probabilidad funcional de los tractocamiones al momento de ser requerido por la empresa.

Tabla 65. Análisis comparativo disponibilidad pretest y post test

ANÁLISIS COMPARATIVO PRE TEST- POSTEST		
Semana	Disponibilidad	
	PRE TEST	POST TEST
1	89.00%	95.43%
2	91.37%	97.18%
3	90.22%	95.27%
4	88.47%	95.40%
5	88.86%	96.34%
6	87.54%	97.18%
7	88.69%	96.50%
8	90.29%	95.85%
PROMEDIO	89.30%	96.14%

Fuente: Elaboración propia

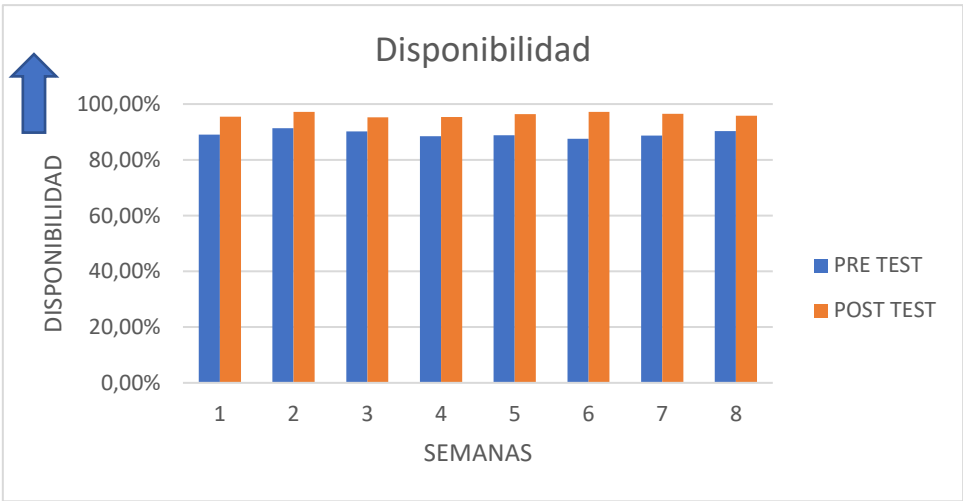


Figura 33. Análisis comparativo disponibilidad

En la tabla 65, se realizó un análisis comparativo entre la disponibilidad anterior y luego de implementado los cambios se obtuvo un nuevo resultado, el cual tiene una diferencia de 6.84% de mejora por el periodo de 8 semanas de estudio.



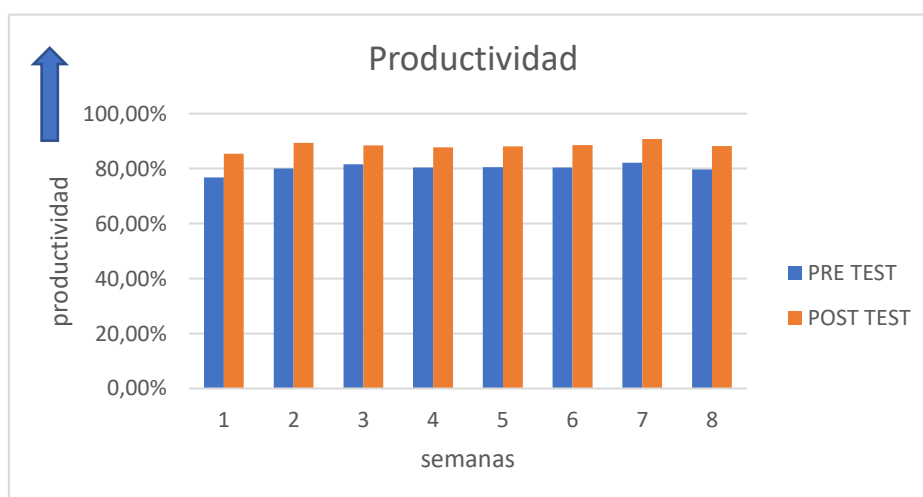
**Variable dependiente:** Productividad

Refleja el nivel porcentual de productividad de los tractocamiones de la empresa Látigo Negro.

Tabla 66. Análisis comparativo productividad pretest y post test

ANÁLISIS COMPARATIVO PRE TEST- POSTEST		
Semana	Productividad	
	PRE TEST	POST TEST
1	76.76%	85.40%
2	80.05%	89.30%
3	81.57%	88.48%
4	80.33%	87.68%
5	80.47%	88.06%
6	80.38%	88.58%
7	82.16%	90.71%
8	79.66%	88.24%
<b>PROMEDIO</b>	<b>80.17%</b>	<b>88.31%</b>

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 66, se realizó un análisis comparativo entre la productividad anterior y luego de implementado los cambios se obtuvo un nuevo resultado, el cual tiene una diferencia de 8.14% de mejora por el periodo de 8 semanas de estudio.

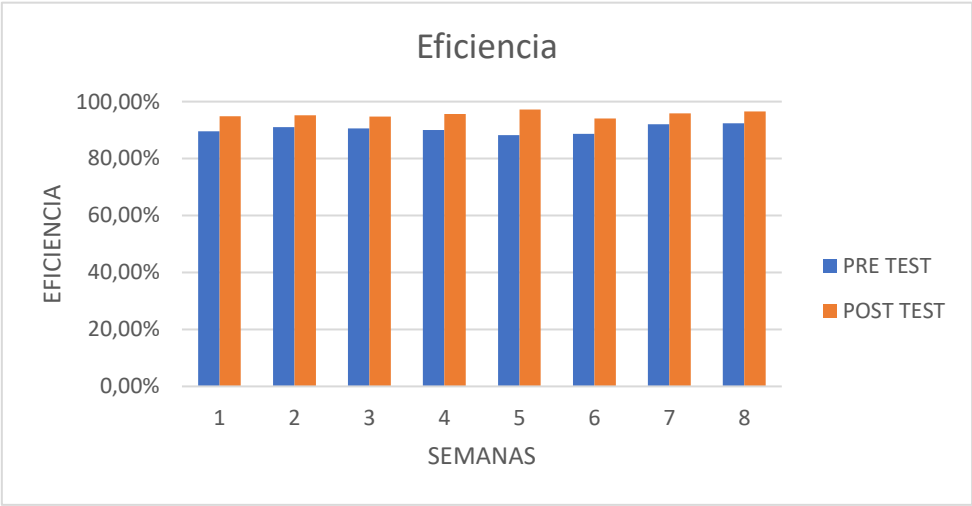
**Indicador: Eficiencia**

Nos indica el nivel porcentual de eficiencia a través de los tiempos de ruta utilizados por los tractocamiones durante la prestación del servicio.

Tabla 67. Análisis comparativo eficiencia pretest y post test

ANÁLISIS COMPARATIVO PRE TEST-POSTEST		
Semana	Eficiencia	
	PRE TEST	POST TEST
1	89.55%	94.89%
2	91.09%	95.19%
3	90.63%	94.80%
4	89.97%	95.65%
5	88.26%	97.17%
6	88.70%	94.11%
7	92.02%	95.89%
8	92.41%	96.51%
PROMEDIO	90.33%	95.53%

Fuente: Elaboración propia



*Figura 34. Análisis comparativo eficiencia*

En la tabla 67, se realizó un análisis comparativo entre la eficiencia anterior y luego de implementado los cambios se obtuvo un nuevo resultado, el cual tiene una diferencia de 5.20% de mejora por el periodo de 8 semanas de estudio.

**Indicador: Eficacia**

Nos indica el nivel porcentual de eficacia a través de las entregas realizadas o servicios cumplidos según lo acordado con el cliente.

Tabla 68. Análisis comparativo eficacia pretest y post test

ANÁLISIS COMPARATIVO PRE TEST-POSTEST		
Semana	Eficacia	
	PRE TEST	POST TEST
1	85.71%	90.00%
2	87.88%	93.94%
3	90.00%	93.33%
4	89.29%	91.67%
5	91.18%	90.63%
6	90.63%	94.12%
7	89.29%	94.59%
8	86.21%	91.43%
PROMEDIO	88.77%	92.46%

Fuente: Elaboración propia

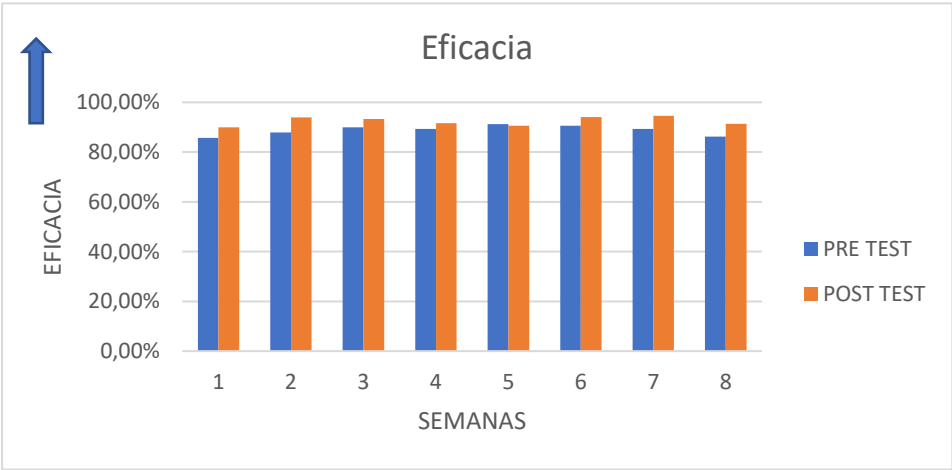


Figura 35. Análisis comparativo eficacia

En la tabla 68, se realizó un análisis comparativo entre la eficacia anterior y luego de implementado los cambios se obtuvo un nuevo resultado, el cual tiene una diferencia de 3.69% de mejora por el periodo de 8 semanas de estudio.

## Análisis económico proyectado

El análisis económico comprenderá los costos de la implementación de mejora del proyecto de investigación, comprende la mano de obra, las capacitaciones realizadas por 4 semanas, los consumibles que se emplean por cada recorrido que realiza el tracto camión para entregar el pedido y el impacto de mejora que se logrará obtener. A continuación, se muestra en la tabla 69 a más detalle.

Tabla 69. Análisis económico proyectado

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA			
MANO DE OBRA	Sueldo/mes	N° de meses	Sub total
Ingeniero	S/ 3,000.00	3	S/ 9,000.00
Técnico 1	S/ 1,500.00	3	S/ 4,500.00
Técnico 2	S/ 1,500.00	3	S/ 4,500.00
Técnico 3	S/ 1,500.00	3	S/ 4,500.00
CAPACITACIÓN	Costo unit.	Cantidad	Sub total
Capacitaciones	S/ 600.00	4	S/ 2,400.00
Manual instructivo	S/ 30.00	8	S/ 240.00
Fichas técnicas	S/ 15.00	8	S/ 120.00
CONSUMIBLES	Costo unit.	Cantidad	Sub total
ACEIMOT VDS4 208L	S/ 16.59	98	S/ 1,625.82
(S)K.SERV FILTRO CMPL	S/ 323.47	14	S/ 4,528.58
(S)KIT DE FILTRO DE A	S/ 56.21	14	S/ 786.94
(S)ACEI CAJA MAN CIL	S/ 17.15	280	S/ 4,802.00
(S)ACEIT DIFERENC CIL	S/ 14.70	476	S/ 6,997.20
FILTRO HIDROLINA	S/ 34.51	14	S/ 483.14
ACEITE HIDRAULICO	S/ 28.28	56	S/ 1,583.68
FILTRO DE ACEITE	S/ 376.70	14	S/ 5,273.80
ENGINE OIL 208L (CILIND)	S/ 18.13	364	S/ 6,599.32
ANILLO TORICO	S/ 11.20	20	S/ 224.00
<b>Total</b>			<b>S/ 58,164.48</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Flujo de caja proyectado

ANÁLISIS ECONÓMICO PROYECTADO													
	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos													
Costo de transporte Pre test		S/ 508,357.50	S/ 497,253.75	S/ 508,357.50	S/ 497,253.75	S/ 508,357.50	S/ 497,253.75	S/ 508,357.50	S/ 497,253.75	S/ 508,357.50	S/ 497,253.75	S/ 508,357.50	S/ 497,253.75
Costo de transporte Post test		S/ 484,435.00	S/ 479,788.75	S/ 484,435.00	S/ 479,788.75	S/ 484,435.00	S/ 479,788.75	S/ 484,435.00	S/ 479,788.75	S/ 484,435.00	S/ 479,788.75	S/ 484,435.00	S/ 479,788.75
Total de ingresos (Variación de costos)		S/ 23,922.50	S/ 17,465.00	S/ 23,922.50	S/ 17,465.00	S/ 23,922.50	S/ 17,465.00	S/ 23,922.50	S/ 17,465.00	S/ 23,922.50	S/ 17,465.00	S/ 23,922.50	S/ 17,465.00
Egresos													
Implementación	S/ 58,164.48	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Costo de mantenimiento/insumos		S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
Total de egresos	S/ 58,164.48	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
Flujo de Efectivo	-S/ 58,164.48	S/ 20,422.50	S/ 13,965.00	S/ 20,422.50	S/ 13,965.00	S/ 20,422.50	S/ 13,965.00	S/ 20,422.50	S/ 13,965.00	S/ 20,422.50	S/ 13,965.00	S/ 20,422.50	S/ 13,965.00
Acumulado	-S/ 58,164.48	-S/ 37,741.98	-S/ 23,776.98	-S/ 3,354.48	S/ 10,610.52	S/ 31,033.02	S/ 44,998.02	S/ 65,420.52	S/ 79,385.52	S/ 99,808.02	S/ 113,773.02	S/ 134,195.52	S/ 148,160.52

VAN	S/ 49,472.12
-----	--------------

TIR	29%
-----	-----

C/B	1.348
-----	-------

tasa %	12%
--------	-----

Fuente: Elaboración propia

### Análisis beneficio / costo (B/C)

Es el resultado de la suma total de ingresos dividido al total de egresos, se representa del siguiente modo.

Si  $BC > 1$  es rentable  
Si  $BC = 0$  reevaluar  
Si  $BC < 1$  rechazado

En la investigación se realiza el cálculo  $B/C = 1.34\%$  por ello, se determina que la mejora es rentable porque el coeficiente es mayor a 1.

El análisis C/B indica que por cada S/.1.00 invertido, se recuperara la inversión más S/.0.34 céntimos más. Por tanto, el proyecto es rentable.

### Tasa Interna de retorno (TIR)

Es una técnica que se emplea para evaluar las inversiones realizadas y medir su rentabilidad.

Si  $TIR > \text{tasa de descuento}$  = si es viable el proyecto  
Si  $TIR = \text{tasa de descuento}$  = es indiferente, presenta riesgos  
Si  $TIR < \text{tasa de retorno}$  = no es viable el proyecto

El cálculo del TIR en este proyecto es de 29%, por lo tanto, el proyecto es rentable.

La tasa mínima aceptable de rendimiento es del 10%, pero se logró obtener 29%, siendo este última mayor se determina que el proyecto es rentable y se asegura la recuperación de la tasa de rendimiento junto con las ganancias.

### Valor actual neto (VAN)

Es el método para calcular el valor actual originado de la inversión.

Si  $VAN > 0$  = es rentable

Si  $VAN = 0$  = es postergado

Si  $VAN < 0$  = no es rentable

El cálculo del Van en el proyecto dio un resultado de S/. 49,472.12 considerándose rentable.

El final del horizonte de análisis se obtiene un valor actual neto positivo, lo cual indica la recuperación de la inversión más ganancia de S/. 49,472.12 el proyecto es rentable.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Valderrama explico que “después de adquirir información, como siguiente paso, se debe realizar un análisis detallado de los mismo para responder a la pregunta inicial y así determinar si se acepta o se rechaza la hipótesis” (2015, p.230).

Para el análisis de datos se utilizaron 2 tipos de métodos estadísticos: descriptivo e inferencial para verificar los resultados que se obtendrán después de emplear el pretest y post test de la investigación.

#### **Análisis descriptivo**

Valderrama (2015), manifestó que para el análisis descriptivo se emplean las medidas de tendencia central (moda, mediana, media); las medidas de variabilidad, medidas asimétricas, histogramas, barras de frecuencia, entre otros (p.230).

Con la estadística descriptiva se podrán obtener datos, los cuales serán tabulados y representados mediante tablas, diagramas y figuras tanto las variables como las dimensiones del estudio, por tal motivo se utilizará como herramienta el programa Microsoft Excel, Ya que posee extensa variedad de gráficos que representaran la información obtenida.

## Análisis inferencial

El método de análisis de datos para Hernández et al. (2014), “se encarga de evaluar algunos aspectos importantes de los instrumentos de medición usados, interpreta, analiza mediante pruebas estadísticas” (p.270).

En la estadística inferencial se desarrollará usando el programa de SPSS, donde se ejecutará la validación de los objetivos e hipótesis de la investigación basados en la prueba de normalidad y la de Shapiro Wilk y T-Student o Wilcoxon de acuerdo con si los resultados que se hallen serán paramétricos o no paramétricos.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente desarrollo de tesis: Aplicación del RCM para mejorar la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021, presenta las siguientes consideraciones:

Académico: La información obtenida de la empresa son empleados con fines académicos.

Objetividad: Las situaciones halladas durante la investigación son analizadas con técnicas, criterios imparciales.

Confiabilidad: Los datos concedidos por la empresa Látigo Negro S.A.C, son manejados con reserva para la protección de propiedad intelectual.

Veracidad: Los resultados encontrados durante la investigación no serán manipulados o adulterados, la información demostrada será verdadera, cuidando su confiabilidad.

Originalidad: En cumplimiento a la normativa establecida por Facultad de Ingeniería Industrial, la información adquirida en fuentes bibliográficas será citadas de acuerdo con el formato establecido a fin de no ser considerado como plagio.

Carta de autorización ver Anexo 5



## **IV. RESULTADOS**

## **Análisis inferencial de la variable dependiente**

El primer paso en el análisis deductivo es obtener una prueba de referencia para la variable de productividad de los camiones Látigo Negro S.AC, así como sus aspectos como rendimiento y eficiencia. Para ello, se examinaron en detalle los datos obtenidos durante 8 semanas antes y después de 8 semanas de prueba.

Para hallar la prueba de normalidad es preciso tener en cuenta los parámetros siguientes:

Si:  $N < 30$  entonces, Shapiro-Wilk

Si:  $N > 30$  entonces, Kolmogorov

Walpole, Myers y Keying mencionaron que, “si  $N$  es menor a 30 se utilizará la prueba Shapiro-Wilk, pero si  $N$  es mayor a 30 se emplea la prueba de Kolmogorov” (2015, p.656).

En este caso, el valor de  $N$  es menor a 30, entonces se utilizará Shapiro-Wilk.

Tabla 71. Resultados de la prueba estadística

	VALOR SIG.	PRETEST	POSTTEST	RESULTADO
<b>EFICIENCIA</b>	SIG>0.05	SI	SI	PARAMÉTRICO
<b>EFICACIA</b>	SIG>0.05	SI	SI	PARAMÉTRICO
<b>PRODUCTIVIDAD</b>	SIG>0.05	SI	SI	PARAMÉTRICO

Fuente: Elaboración propia

Si los datos preceden de la distribución normal, son datos paramétricos es decir  $\text{Sig} \geq 0.05$ .

Si los datos preceden de la distribución no normal, son datos no paramétricos es decir  $\text{Sig} < 0.05$ .

## **Prueba de normalidad de la Variable: Productividad**

El procedimiento por seguir para realizar la prueba de normalidad en el SPSS es incluir la información recolectada con los instrumentos de manera completa del pretest y post test en los tiempos establecidos.

Figura 36. Procesamiento de datos SPSS Vers. 25

Fuente: SPSS Vers. 25

Una vez se tenga todos los datos, se empieza realizando la prueba de normalidad para el contraste de la hipótesis de la variable.

Tabla 72. Pruebas de normalidad de la Productividad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRODUCTIVIDADPRETEST	,250	8	,152	,867	8	,140
PRODUCTIVIDADPOSTTEST	,211	8	,200*	,934	8	,549

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS Vers. 25

En la tabla N°20 el nivel de la significancia utilizando Shapiro-Wilk en la Productividad (pretest) es 0,140 en 8 semanas de estudio de los tractos tractocamiones de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C, por otro lado, el valor de la significancia de la Productividad (posttest) en 8 semanas se obtiene 0,549. Como ambos resultados son mayores a 0.05 se puede decir que presentan una distribución normal-paramétrica y se debe emplear la prueba estadística T-Student para demostrar la hipótesis general que se verá a continuación:

### Validación de la hipótesis general de la Variable: Productividad

En aquí es donde se validará la hipótesis general utilizando la prueba T-Student para las muestras relacionadas ya que se obtuvo que ambos datos eran paramétricos-distribución normal.

**Hi.** La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

**Ho.** La aplicación de la metodología RCM no mejora significativamente la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

Se debe tener en cuenta la regla de decisión:

**Hi.**  $\mu$ Productividad pretest  $\leq$   $\mu$ Productividad post test

**Ho.**  $\mu$ Productividad pretest  $>$   $\mu$ Productividad post test

Tabla 73. Estadísticos descriptivos de la Productividad

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
PRODUCTIVIDADPRETEST	8	76,76	82,16	80,1725	1,60278
PRODUCTIVIDADPOSTTES	8	85,40	90,71	88,3212	1,51305
T					

Fuente: SPSS Vers. 25

Como se aprecia en la tabla N°21 el valor promedio de la Productividad pretest se muestra como 80.1725 lo cual es menor al nuevo promedio 88.3212 de la Productividad después de realizar la implementación del RCM, habiendo una diferencia de 8.1487. Queda demostrado que se consiguió determinar el objetivo general de la investigación con la información que se logró obtener.

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

La regla de decisión para la significancia bilateral:

Se acepta la hipótesis nula si el pvalor >0.05

Se rechaza la hipótesis nula si el pvalor ≤ 0.05

Tabla 74. Prueba de muestras emparejadas productividad

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				Sig.
		Media	Desv.	Desv. Error	Inferior	Superior	t	gl	(bilateral)
Par 1	PRODUCTIVIDADPRETEST - PRODUCTIVIDADPOSTTEST	-8,14875	,80774	,28558	-8,82404	-7,47346	-28,534	7	,000

Fuente: SPSS Vers. 25

En la tabla anterior, observamos que el significado binario del rendimiento antes y después de la implementación es 0,000, lo que significa rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa; Es decir, la aplicación del método RCM mejora significativamente la productividad de la flota de tractores de Látigo Negro S.A.C, Lima 2021.

### Prueba de normalidad de la dimensión: Eficiencia

Se realiza la prueba de normalidad para el contraste de la hipótesis de la dimensión primera.

Tabla 75. Prueba de normalidad de la eficiencia

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIAPRETEST	,122	8	,200*	,963	8	,842
EFICIENCIAPOSTTEST	,133	8	,200*	,979	8	,959

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS Vers. 25

En la tabla N°23 el nivel de la significancia utilizando Shapiro-Wilk en la Eficiencia (pretest) es 0,842 en 8 semanas de estudio de los tractos tractocamiones de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C, por otro lado, el valor de la significancia de la Eficiencia (posttest) en 8 semanas se obtiene 0,959. Como ambos resultados

son mayores a 0.05 se puede decir que presentan una distribución normal-paramétrica y se debe emplear la prueba estadística T-Student para demostrar la hipótesis específica que se verá a continuación:

### Validación de la hipótesis específica: Eficiencia

En aquí es donde se validará la hipótesis específica utilizando la prueba T-Student para las muestras relacionadas ya que se obtuvo que ambos datos eran paramétricos-distribución normal.

**Hi.** La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

**Ho.** La aplicación de la metodología RCM no mejora significativamente la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

Se debe tener en cuenta la regla de decisión:

**Hi.**  $\mu\text{Eficiencia pretest} \leq \mu\text{Eficiencia posttest}$

**Ho.**  $\mu\text{Eficiencia pretest} > \mu\text{Eficiencia posttest}$

Tabla 76. Estadísticos descriptivos de la eficiencia

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
EFICIENCIAPRETEST	8	88,26	92,41	90,3288	1,48948
EFICIENCIAPOSTTEST	8	94,11	97,17	95,5263	,99055

Fuente: SPSS Vers. 25

Como se aprecia en la tabla N°24 el valor promedio de la Eficiencia pretest se muestra como 90.3288 lo cual es menor al nuevo promedio 95.5263 de la Eficiencia después de realizar la implementación del RCM, habiendo una diferencia de 5.1975. Queda demostrado que se consiguió determinar el objetivo específico de la investigación con la información que se logró obtener.

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

La regla de decisión para la significancia bilateral:

Se acepta la hipótesis nula si el pvalor  $>0.05$

Se rechaza la hipótesis nula si el pvalor  $\leq 0.05$

Tabla 77. Prueba de muestras emparejadas eficiencia

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Par 1	EFICIENCIAPRETEST - EFICIENCIAPOSTTEST	-5,19750	1,66081	,58718	-6,58597	-3,80903	-8,852	7	,000

Fuente: SPSS Vers. 25

En la tabla anterior, observamos que la significancia binaria de la efectividad pre y post implementación es 0,000, lo que significa rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa; Es decir, la aplicación del método RCM mejora significativamente la eficiencia de la flota de camiones de Látigo Negro S.A.C, Lima 2021.

### Prueba de normalidad de la dimensión: Eficacia

Se realiza la prueba de normalidad para el contraste de la hipótesis de la dimensión primera.

Tabla 78. Prueba de normalidad de la eficacia

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFICACIAPRETEST	,227	8	,200*	,920	8	,432
EFICACIAPOSTTEST	,190	8	,200*	,914	8	,382

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS Vers. 25

En la tabla N°26 el nivel de la significancia utilizando Shapiro-Wilk en la Eficacia (pretest) es 0,432 en 8 semanas de estudio de los tractos tractocamiones de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C, por otro lado, el valor de la significancia de la Eficacia (posttest) en 8 semanas se obtiene 0,382. Como ambos resultados son mayores a 0.05 se puede decir que presentan una distribución normal-paramétrica y se debe emplear la prueba estadística T-Student para demostrar la hipótesis específica que se verá a continuación:

### Validación de la hipótesis específica: Eficacia

En aquí es donde se validará la hipótesis específica utilizando la prueba T-Student para las muestras relacionadas ya que se obtuvo que ambos datos eran paramétricos-distribución normal.

**Hi.** La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

**Ho.** La aplicación de la metodología RCM no mejora significativamente la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

Se debe tener en cuenta la regla de decisión:

**Hi.**  $\mu\text{Eficacia pretest} \leq \mu\text{Eficacia posttest}$

**Ho.**  $\mu\text{Eficacia pretest} > \mu\text{Eficacia posttest}$

Tabla 79. Estadísticos descriptivos de la eficiencia

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
EFICACIAPRETEST	8	85,71	91,18	88,7738	2,00109
EFICACIAPOSTTEST	8	90,00	94,59	92,4638	1,74541
N válido (por lista)	8				

Fuente: SPSS Vers. 25



Como se aprecia en la tabla N°27 el valor promedio de la Eficacia pretest se muestra como 88.7738 lo cual es menor al nuevo promedio 92.4638 de la Eficacia después de realizar la implementación del RCM, habiendo una diferencia de 3.687. Queda demostrado que se consiguió determinar el objetivo específico de la investigación con la información que se logró obtener.

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM mejora la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

La regla de decisión para la significancia bilateral:

Se acepta la hipótesis nula si el pvalor  $>0.05$

Se rechaza la hipótesis nula si el pvalor  $\leq 0.05$

Tabla 80. Prueba de muestras emparejadas de la eficacia

Prueba de muestras emparejadas							t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par	EFICACIAPRETEST -	-3,69000	2,09670	,74130	-5,44289	-1,93711	-4,978	7	,002
1	EFICACIAPOSTTEST								

Fuente: SPSS Vers. 25

En la tabla anterior, se observa que la significancia bilateral de la Eficacia antes de la implementación y después de la implementación es de 0.002, este resultado quiere decir que la hipótesis nula es rechazada y la hipótesis alterna se acepta; es decir, que la aplicación de la metodología RCM mejora significativamente la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima 2021.

## **V. DISCUSIÓN**

En el presente estudio quedó demostrado que la productividad de los tractos tractocamiones de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C. fue mejorada aumentando significativamente la eficiencia de los tiempos operativos, de reparación, cantidad de fallas y eficacia de la unidad vehicular en las cantidades de productos entregados.

En la investigación se tuvo como resultado de la variable productividad, luego de realizada la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad, una mejoría en promedio del 8.1487 horas. Todo ello se logra gracias a desglosar cada componente del tractocamión para conocer las posibles fallas funcionales que podían surgir y las consecuencias que se llegaría a producir; con esto, se tomó acciones de mejora plasmadas en un programa de mantenimiento en donde se involucraron todo el personal del área, se les capacitaron en términos de RCM, se realizaron instructivos, formatos de inspección para tener un mejor control, se emplearon procedimientos a seguir en cada intervención y como se debe conservar el tractocamión para que su tiempo de vida útil se acrecenté. En consecuencia, luego de utilizar los indicadores adecuados existe notoriamente las mejoras y que hace que la productividad se aumente en beneficio de los trabajadores y la empresa.

En cuanto a Otero (2019), contaban con una población semejante a la del estudio, consta de 20 montacargas eléctricos y 4 técnicos que serán los encargados de realizar el mantenimiento, reparaciones, revisiones, informes en un plazo de 26 semanas de prepruebas y la misma cantidad de semanas para la post prueba. En su investigación al aplicar la misma herramienta, después de la aplicación de la metodología se llegaron a las conclusiones de que hubo una mejora en el área de mantenimiento respecto a la productividad de un 29.71%, la disponibilidad ascendió a un 14.66%. También se recomendó estandarizar los procedimientos del RCM, hacer seguimientos, control y capacitar constantemente al personal.

La investigación de Mejía (2017), es semejante a las anteriores, pues señaló como objetivo en proponer un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, pero la población era distinta ya que era la línea de producción de alcohol etílico en la empresa para mejorar su productividad. La tesis presenta la descripción del problema del área de mantenimiento ya que solo aplica acciones correctivas el cual se desea mejorar, tiene un enfoque cuantitativo, con un nivel de investigación aplicado y un diseño experimental, la técnica empleada fue la observación. Al implementar el plan de mantenimiento se logra mejorar la disponibilidad al 16%, la productividad aumenta en 7% y un ahorro financiero de 24 394.46 soles en un año después de recuperar la inversión inicial de 45 080 por lo que el proyecto es factible de realizar.

Para Macedo (2018), en su trabajo de investigación también aplica la metodología RCM a fin de mejorar la productividad en la línea de producción de la empresa. La investigación siguiente fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo explicativo, de acuerdo con el diseño fue experimental de tipo cuasiexperimental, específicamente fue evaluado con un pretest de 9 meses y post test de 9 meses. El autor logra incrementar el valor de la productividad a través de la metodología, esto se pudo realizar con el análisis de AMEF para detectar los componentes, subcomponentes, fallas y consecuencias, es por ello que se aceptó las hipótesis para mejorar el valor de la productividad incrementándose en un 20%. Con el tiempo, el autor recomendó adquirir un software para almacenar la información, hacer seguimiento y analizar los tiempos de que ocurran una falla y la capacitación al personal debe realizarse de manera periódica a todos los equipos de la empresa.

En consecuencia, no importa en qué tipo de industria o población se aplique la metodología del mantenimiento centrado a la confiabilidad, siempre influirá en el incremento de la productividad si se siguen los pasos como lo describe Parra (2012): El RCM comienza con la formación del equipo de trabajo y las capacitaciones correspondientes al personal involucrado en el proceso. El propone procedimientos que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de

los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes 7 preguntas que se resumen y se responde en 3, El análisis AMEF, el de la prioridad de riesgos y en la hoja de decisión.

Asimismo, se determinó que la Eficiencia de los tractos tractocamiones de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C. mejoraron en 5.1975 horas, lo cual hizo que las entregas se realizaran a tiempo causando satisfacción en los clientes al recibir los pedidos a en el tiempo establecido, por ende, no se aplicaron penalidades y hubo ahorro económico ya que en tiempos anteriores había retrasos por fallas en los vehículos. Por otro lado, Roncal (2017), en su tesis usó la técnica de recolección de datos observación e instrumentos como los formatos de inspección de los mantenimientos correctivos, también las ordenes de trabajo para conocer los tiempos de fallas y reparación de los buses. Al hacer un uso correcto del plan se producen mejoras de la variable dependiente que en un inicio fue de 34% a un 96%, es decir que el valor diferencial fue del 62% de incremento. Las horas de confiabilidad aumentaron del 2.08 horas a 41.5 horas y el tiempo de reparación se reduce de 4.13 horas de un inicio a solo 1.53 horas. Se recomienda la realización de inducciones y capacitaciones al personal de mantenimiento a cargo para desempeñarse adecuadamente en todo tipo de situaciones.

Como mencionan las investigaciones y lo recomiendan, una de las piezas fundamentales para lograr el éxito de las metodologías implantadas es desarrollar planes y programas de capacitación al personal involucrado en el mantenimiento de los tractocamiones para una mejora continua como señala Trejo (2017). En el caso de la Eficacia de los tractos tractocamiones de la empresa Inversiones Látigo Negro S.A.C. mejoraron en 3.687 porque como se señalaba con anterioridad los equipos presentaban fallas constantes en el trascurso del recorrido por falta de mantenimiento, lo cual repercutía en las entregas que se tenía que realizar a los clientes; luego de aplicar el programa de mantenimiento los vehículos ya tenían establecidas las fechas en las que tenían que recibir su mantenimiento respectivo en función al kilometraje, por lo cual hizo que la eficacia se incremente.

Un caso muy similar es el de Mantilla (2018), el cual tiene por objetivo diseñar estrategias de mantenimiento para la flota pesada de tractocamiones del modelo T660 y T800 de la empresa con la metodología RCM. La unidad de análisis es la misma que la tesis, por ende, está conformada por 18 tractocamiones, ambos modelos mencionados tienen una carga mayor en toneladas, por lo cual, los fallos presentados en cualquiera de ellos generan pérdidas económicas, la empresa cuenta con un plan, pero desconocen los procedimientos a seguir. El RCM se ha implementado en todo tipo de industrias por ello la empresa necesita de esta metodología debido al tamaño de los equipos que necesitan gran cobertura del proceso de mantenimiento. Se concluye que la flota pesada de investigación se pudo caracterizarlo detalladamente cada sistema y subsistema que lo componen, de esta manera existe un mayor control en el funcionamiento del equipo y su mantenimiento, también se analizaron los efectos de falla con ayuda de manuales de los fabricantes para una mejor comprensión de las estructuras internas y externas. Se pudo realizar el plan de mantenimiento con la cooperación de todos los encargados de mantenimiento.

Metodológicamente, en los antecedentes tanto nacionales como internacionales seleccionados para el estudio son de tipo aplicada, pues se busca solucionar el problema de la baja productividad de la empresa, otro parecido es que los enfoques son cuantitativos ya que se trabaja con instrumentos validados por expertos que tienen la función de recolectar información ya sea pasada o reciente y sea medida con los indicadores. Del mismo modo presentan niveles tanto descriptivos como explicativos porque se describe el problema en un contexto deductivo. Tienen un diseño experimental porque se realiza un pretest y post test en diferentes periodos de tiempo, mientras es mayor cantidades de pretest se logrará una mejora significativa en el post test. Por otra parte, se sabe que el mantenimiento se define como el conjunto de actividades que se desarrollan en las instalaciones y los equipos, con la finalidad de subsanar o impedir las fallas, se busca con ello que estos sigan prestando los servicios para que fueran delimitados, todas las tesis en estudio tuvieron la misma finalidad.

En la investigación de Guillén (2019), se planteó el diseño de una propuesta de implementación del RCM en la unidad de generación 2 y la realización de un análisis de criticidad y AMEF. La empresa en estudio cuenta con planes de mantenimiento siguiendo las recomendaciones de los fabricantes y las experiencias de los colaboradores, pero siempre el mantenimiento tiene que estar en constante mejora continua para conservar las muestras de 3 sistemas seleccionados con el análisis de criticidad. Con la metodología se ha podido incrementar la disponibilidad a rangos elevados del 96.5% pero con el paso del tiempo se podrá evidenciar una disminución en los índices de confiabilidad por ello se debe seguir el paso a paso de la metodología para que esa situación alargue la vida útil de las unidades de generación, en cambio para Espinoza, Paz, Pérez y Acosta, en su artículo científico se centraron en realizar un análisis de los fallos de equipos que representaron los que mayor consumo eléctrico poseían. El método de trabajo que se utilizaron fueron en primer lugar el trabajo en equipo para la toma de decisiones en referencia al valor de la criticidad en el área, se realizaron entrevistas a los trabajadores y se consultaron documentación. El RCM fue la metodología que se empleó incluyendo la matriz AMEF. Se identificaron los equipos críticos que realizaban mayor consumo eléctrico que contribuían en el 85% de la estructura energética, se identificaron cada una de las fallas funcionales y las consecuencias que estos podían traer en cada componente o sistema del equipo.

## **VI. CONCLUSIONES**



1. En la primera conclusión, de acuerdo con el informe de investigación se pudo incrementar la productividad después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se siguió los pasos del RCM y se logró contrastar la hipótesis general  $0.000 < 0.05$  por tal motivo, la hipótesis alterna fue aceptada. Se puede evidenciar en la tabla N° 60 que la productividad antes de la mejora era menor que la productividad después de la mejora; en promedio hubo un incremento de 8.15%.
2. . En la segunda conclusión, de acuerdo con el informe de investigación se pudo incrementar la eficiencia después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se siguió los pasos del RCM y se logró contrastar la hipótesis general  $0.000 < 0.05$  por tal motivo, la hipótesis alterna fue aceptada. Se puede evidenciar en la tabla N° 61 que la eficiencia antes de la mejora era menor que la eficiencia después de la mejora; en promedio hubo un incremento de 5.20%.
3. . En la tercera conclusión, de acuerdo con el informe de investigación se pudo incrementar la eficacia después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se siguió los pasos del RCM y se logró contrastar la hipótesis general  $0.002 < 0.05$  por tal motivo, la hipótesis alterna fue aceptada. Se puede evidenciar en la tabla N° 62 que la eficacia antes de la mejora era menor que la eficacia después de la mejora; en promedio hubo un incremento de 3.69%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

En el ultimo capítulo de la investigación luego de realizar las conclusiones respectivas se plantea recomendaciones a la empresa a fin de mejorar situaciones de trabajo.

En primer lugar, se recomienda a la empresa formar un grupo solido de trabajo que involucre a todas las áreas correspondientes al mantenimiento y producción a fin de obtener una mejor visión de la situación y desarrollar un buen análisis. En ello, se debe añadir a los operarios, personal de mantenimiento, etc.

En segundo lugar, se recomienda a la empresa realizar capacitaciones programadas no menos de 3 veces al año en términos respectivos al mantenimiento, equipos, metodologías de mejora para incentivar a desempeñar un mejor trabajo para que los indicadores se cumplan tal cual las metas que se programaron.

En tercer lugar, se recomienda al área de mantenimiento adquirir el software integrado correspondiente de almacenamiento informático para tener una mejor organización de datos, seguimiento de cada proceso y mejor comunicación con las demás áreas.

## REFERENCIAS

- BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación*. 3 ed. Colombia: Pearson Educación.
- CABRERA, E. y TAPIA, J., 2019. *Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la central Saymirin* [en línea]. S.I.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17861/1/UPS-CT008458.pdf>.
- CARRASCO, S., 2009. *Metodología de la investigación científica*. Perú: San Marcos.
- CARRASCO, S., 2019. *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos. ISBN 978-9972-38-344-1.
- CASACHAGUA, C.G., 2017. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora Cat 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional del Centro del Perú. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Propuesta-de-un-plan-de-mantenimiento-preventivo-en-Davila-Gabriel/708495b1eaeae198d8d2281ec7e30f7bc4ed4df4>.
- D'ADDARIO, M., 2015. *Gestión del mantenimiento preventivo total* [en línea]. S.I.: s.n. ISBN 3: 978-1518843969. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/gestion-del-mantenimiento-7-pdf-free.html>.
- DÍAZ, J., 2004. *Técnicas del mantenimiento industrial* [en línea]. 2da ed. S.I.: Institute of technology. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5360/1/44010\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5360/1/44010_1.pdf).
- ESPINOSA, J., PAZ, E., PÉREZ, R. y ACOSTA, I., 2020. Contribución del mantenimiento centrado en la confiabilidad para el estudio de fallos a equipos consumidores de energía eléctrica. *Scielo* [en línea], vol. 47, no. 1. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612020000100022](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612020000100022).
- ESPINOZA, C., 2014. *Metodología de la investigación tecnológica*. 2 ed. Huancayo:

s.n.

FORNÉS, R., OCHOA, L., CANO, A. y GONZALES, E., 2016. Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el área de laboratorios de una Institución de Educación Superior. *Revista de aplicaciones de la Ingeniería* [en línea], vol. 3, no. 8, pp. 77-86. Disponible en: [https://www.academia.edu/39318619/Revista\\_de\\_Aplicaciones\\_de\\_la\\_Ingenieria](https://www.academia.edu/39318619/Revista_de_Aplicaciones_de_la_Ingenieria).

FREIGHTLINER, 2010. *Manual de mantenimiento Columbia* [en línea]. Estados Unidos: Daimler Trucks North America LLC. Disponible en: [https://www.freightliner.com.mx/wp-content/uploads/2016/06/manual\\_mantenimiento\\_columbia.pdf](https://www.freightliner.com.mx/wp-content/uploads/2016/06/manual_mantenimiento_columbia.pdf).

GARCÍA, S., 2010. *Organización y gestión integral del mantenimiento* [en línea]. Madrid: Díaz de Santos. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=PUovBdLi-oMC&printsec=frontcover&dq=mantenimiento&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjx2Nif2PDraAhXvHLkGHShdAMMQ6AEwA3oECAQQA#v=onepage&q=mantenimiento&f=false>.

GARCÍA, S., [sin fecha]. Ingeniería del mantenimiento. *Renovetec* [en línea]. Disponible en: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/elaboracion-del-plan-de-mantenimiento/8-objetivos-de-mantenimiento>.

GONZÁLES, N., 2016. Presentación: Transporte y logística. *Transporte y Territoria* [en línea], no. 14, pp. 1-4. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3330/333046307001.pdf>.

HERNÁNDEZ, R., FERÁNADEZ, C. y BAPTIZTA, M.D.P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9701057538. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.

HERNANDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* [en línea]. México: Mc Graw Hill Education.

- Disponible en: <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>.
- INTEGRA MARKETS, 2017. *Gestión y planificación del mantenimiento industrial* [en línea]. Lima: Integra markets. Disponible en: <https://issuu.com/integramarkets/docs/gestion-y-planificacion-del-mantenimiento>.
- LÁTIGO NEGRO TRANSPORT, 2009. Operador logístico. *Látigo Negro Transport* [en línea]. Disponible en: <http://latigonegro.com.pe/>.
- MACEDO, J., 2018. *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la productividad de la línea 14 de envasado Tetra Pak – Lurigancho, 2018* [en línea]. S.I.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31940>.
- MANTILLA, B., 2018. *Diseño de la estrategia de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM para la flota de tractotractocamiones Kenworth T660 y T800 de la empresa Enlace Logístico de Cargas S.A.S* [en línea]. S.I.: Universidad Politécnica Bolivariana Seccional Bucaramanga. Disponible en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5690/digital\\_37529.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5690/digital_37529.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- MEJIA, R., 2017. *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la empresa ERSA Transportes y Servicios S.R.L* [en línea]. S.I.: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Disponible en: [http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/912/TL\\_MejiaCuevaRicardo.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/912/TL_MejiaCuevaRicardo.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- MILANO, T., 2005. *Planificación y gestión del mantenimiento industrial* [en línea]. S.I.: Editorial Panapo C.A. ISBN 9803664743. Disponible en: <https://galleton.net/index.php/es/libros-pdf/libros-de-ingenieria/item/19933-planificacion-y-gestion-del-mantenimiento-industrial-pdf-teddy-milano>.
- MONBRAY, J., 2011. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad* [en línea]. 2da ed. S.I.: Industrial Press Inc. Disponible en: [https://www.academia.edu/9478461/MANTENIMIENTO\\_CENTRADO\\_EN\\_LA\\_CONFIABILIDAD\\_CONTENIDOS](https://www.academia.edu/9478461/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN_LA_CONFIABILIDAD_CONTENIDOS).

- MORA, L., 2016. *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. S.l.: Alfaomega.
- MOTORED, [sin fecha]. Kenworth. The World's Best. [en línea]. Disponible en: [https://static.motored.com.pe/fcsaprdmotored01/2018/12/Ficha\\_T460ISM\\_Tracto-1.pdf](https://static.motored.com.pe/fcsaprdmotored01/2018/12/Ficha_T460ISM_Tracto-1.pdf).
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- OFICINA DE COMUNICACIONES, 2018. Se modifica el ISC de productos que más afectan a la salud y el ambiente. *MEF* [en línea]. Lima, 10 mayo 2018. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/es/?option=com\\_content&language=es-ES&Itemid=101108&view=article&catid=0&id=5678&lang=es-ES](https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=101108&view=article&catid=0&id=5678&lang=es-ES).
- OTERO, J., 2019. *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de la empresa Maquiperu S.A, San Luis, 2019* [en línea]. S.l.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40259/Otero\\_LJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40259/Otero_LJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- PARRA, C. y CRESPO, A., 2015. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos* [en línea]. 2da ed. S.l.: Ingeman. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/344196736\\_Ingenieria\\_de\\_Mantenimiento\\_y\\_Fiabilidad\\_aplicada\\_en\\_la\\_Gestion\\_de\\_Activos\\_Segunda\\_Edicion\\_2015\\_Edita\\_INGEMAN\\_Espana\\_Capitulos\\_1\\_y\\_2/link/5f5aa09592851c07895d339f/download](https://www.researchgate.net/publication/344196736_Ingenieria_de_Mantenimiento_y_Fiabilidad_aplicada_en_la_Gestion_de_Activos_Segunda_Edicion_2015_Edita_INGEMAN_Espana_Capitulos_1_y_2/link/5f5aa09592851c07895d339f/download).
- PEÑA, F., 2018. *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de manufactura de Papel* [en línea]. S.l.: Universidad Católica Andrés Bello. Disponible en: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6301.pdf>.
- POMA, J., [sin fecha]. MMP. *Maquinarias pesadas* [en línea]. Disponible en: <https://www.maquinariaspesadas.org/>.
- ROMERO, Y., 2019. *Elaboración de programa de mantenimiento para incremento de disponibilidad de equipos de flota en una empresa comunal* [en línea]. S.l.:



Universidad Continental. Disponible en:  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7200/1/IV\\_FIN\\_111\\_TI\\_Romero\\_Totocayo\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7200/1/IV_FIN_111_TI_Romero_Totocayo_2019.pdf).

RONCAL, J., 2017. *Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en las unidades de transporte de la empresa Transvial Lima S.A.C, 2017* [en línea]. S.l.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12078>.

TREJO, M., 2017. *Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el montacargas Hyster 02 y el tractocamión Kenworth T800 de la comercializadora el Forraje S.A* [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma de Occidente. Disponible en:  
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10067/T07730.pdf;jsessionid=693A58F43F93284F23368B01FE34127D?sequence=1>.

VALDERRAMA, S., 2015. *Pasos para elaborar proyectos de Investigación científica*. Perú: Editorial San Marcos.

VÁSQUEZ, I., 2018. *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de las unidades de transporte tractocamión internacional I9200 en la empresa de transportes Nicmar S.A.C* [en línea]. S.l.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/25336>.

YUPANQUI, C., 2016. *Propuesta de implementación de mejoras en el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para tractotractocamiones International Workstar 7600* [en línea]. S.l.: Universidad Privada del Norte. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11537/10528>.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Unidad de medida	Fórmula
<b>Variable independiente:</b> Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	El mantenimiento centrado en confiabilidad según Mora (2016) lo definió como una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento, con sus respectivas frecuencias a los activos de un contexto operacional. El RCM es una metodología de organización de las actividades de gestión del mantenimiento, para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos, en función de su diseño y de su construcción. (p. 444).	El mantenimiento centrado en la confiabilidad está relacionado con la mantenibilidad, confiabilidad y la disponibilidad que serán medidas a través de las hojas de registro.	Confiabilidad	Índice de tiempos de reparación de la máquina	RAZÓN	Porcentaje	$C = \frac{TTO - TTP}{N^{\circ} DE FALLAS}$ Donde: TTO: Tiempo total operativo TTP: Tiempo total de parada
			Mantenibilidad	Índice de probabilidad de funcionamiento sin falla de la máquina	RAZÓN	Porcentaje	$M = \frac{TTR}{N^{\circ} DE FALLAS}$ Donde: TTR: Tiempo total de reparación
			Disponibilidad	Índice de probabilidad funcional de la máquina	RAZÓN	Porcentaje	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ Donde: MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento MTTR: Tiempo medio de reparación
<b>Variable dependiente:</b> Productividad	La productividad en el mantenimiento está más asociada a indicar el número de servicios prestados por unidad de tiempo. Se refiere al cumplimiento de los servicios por un periodo de tiempo. Para ello se debe de considerar principalmente como recurso la mano de obra directa y lo que demande la faena (Mora, 2016, p.286).	La productividad está relacionada con la eficiencia y eficacia que serán medidas a través de las hojas de registro.	Eficiencia	Índice de eficiencia	RAZÓN	Porcentaje	$Efc = \frac{TPPR}{TTUR}$ Donde: TPPR: Tiempo total programado TTUR: Tiempo total utilizado
			Eficacia	Índice de eficacia	RAZÓN	Porcentaje	$Ef = \frac{ER}{EP}$ Donde: ER: Entregas realizadas EP: Entregas programadas

## Anexo 2. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Metodología
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Principal</b>	<b>Variable independiente:</b> Mantenimiento centrado en la confiabilidad	El mantenimiento centrado en confiabilidad según Mora (2016) lo definió como una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento, con sus respectivas frecuencias a los activos de un contexto operacional. El RCM es una metodología de organización de las actividades de gestión del mantenimiento, para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos, en función de su diseño y de su construcción. (p. 444)	El mantenimiento centrado en la confiabilidad está relacionado con la mantenibilidad, confiabilidad y la disponibilidad que serán medidas a través de las hojas de registro	Confiabilidad	$C = \frac{TTO - TTP}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$ Donde: TTO: Tiempo total operativo TTP: Tiempo total de parada	RAZÓN	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada
¿En qué medida la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021	La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora significativamente la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021				Mantenibilidad	$M = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$ Donde: TTR: Tiempo total de reparación		<b>Nivel:</b> Descriptivo-explicativo
<b>Específicas</b>	<b>Específicos</b>	<b>Secundarias</b>				Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ Donde: MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento MTTR: Tiempo medio de reparación	RAZÓN	<b>Diseño:</b> Experimental
¿En qué medida la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021	La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora significativamente la eficiencia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021				Eficiencia	$Efc = \frac{TTPR}{TTUR}$ Donde: TTPR: Tiempo total programado TTUR: Tiempo total utilizado	RAZÓN	<b>Población:</b> Flota de tractocamiones <b>Muestra:</b> Flota de tractocamiones <b>Unidad de análisis:</b> Flota de tractocamiones
¿En qué medida la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021	La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora significativamente la eficacia de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Ate, 2021	<b>Variable dependiente:</b> Productividad	La productividad en el mantenimiento está más asociada a indicar el número de servicios prestados por unidad de tiempo. Se refiere al cumplimiento de los servicios por un periodo de tiempo. Para ello se debe de considerar principalmente como recurso la mano de obra directa y lo que demande la faena (Mora, 2016, p.286).	La productividad está relacionada con la eficiencia y eficacia que serán medidas a través de las hojas de registro	Eficacia	$Ef = \frac{ER}{EP}$ Donde: ER: Entregas realizadas EP: Entregas programadas	RAZÓN	<b>Técnica:</b> Observación y análisis documental <b>Instrumento:</b> Ficha de recolección de datos y la hoja de registro
									<b>Método de análisis:</b> Descriptivo e inferencial

*Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos de la Variable: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*

[illegible]

*Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos de la Variable: Productividad*

[illegible]

## Anexo 5. Carta de autorización

### **AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Por medio del presente documento, Yo ARIAS ZEVALLOS LEO JOSE , identificado con DNI N° 04038333 y representante legal de INVERSIONES LATIGO NEGRO SAC autorizo a JORGE SOLANO KEVIN NELSON identificado con DNI N° 71423499 y CRUZ PEREZ JORGE LUIS identificado con DNI N° 75973180, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo al acceso de la información confidencial brindada para su trabajo de investigación titulada: **“Aplicación del RCM para mejorar la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo negro S.A.C, Lima, 2021”** y a difundir los resultados de la investigación utilizando el nombre de la empresa INVERSIONES LATIGO NEGRO SAC.

Lima, \_22 de enero de \_2021

INVERSIONES LATIGO NEGRO S.A.C.  
  
.....  
LEO JOSE ARIAS ZEVALLOS  
GERENTE

---

ARIAS ZEVALLOS LEO JOSE


DNI N° 04038333

GERENTE GENERAL

## Anexo 6. Formatos de mantenimiento

FORMATO DE PROCEDIMIENTO		CÓDIGO:	MTO 01-R-10		
FORMATO ORDEN DE TRABAJO		VERSIÓN:	01		
		FECHA DE APROBACIÓN:	29/04/2021		
CUENTA	<input type="text"/>	OT	<input type="text"/>		
<b>DATOS DE EQUIPO</b>					
PLACA	TIPO DE UNIDAD	MARCA	KILOMETRAJE		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<b>DETALLES DE MANTENIMIENTO</b>					
SISTEMA: <input type="text"/>					
TIPO DE MANTENIMIENTO: <input type="text"/> → <input type="text"/>					
TIPO DE TRABAJO: <input type="text"/> ACTIVIDAD: <input type="text"/>					
FECHA INGRESO DE UNIDAD: <input type="text"/> HORA INGRESO DE UNIDAD: <input type="text"/>					
<b>DIAGNOSTICO</b>					
<input type="text"/>					
<b>DETALLE DE TRABAJO</b>					
Proveedor	Actividad	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>MATERIALES:</b>					
Proveedor	Descripción	Cantidad	Unidad		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<b>DOCUMENTOS ADJUNTOS:</b>					
DOCUMENTO 01: <input type="text"/> N°: <input type="text"/>					
DOCUMENTO 02: <input type="text"/> N°: <input type="text"/>					
FECHA SALIDA DE UNIDAD: <input type="text"/> HORA SALIDA DE UNIDAD: <input type="text"/>					
<b>OBSERVACIONES PARA PROGRAMAR:</b>					
<input type="text"/>					
VALIDACION DE TRABAJOS		<input type="text"/>	<input type="text"/>		
		FIRMA SUPERVISOR	FIRMA PLANNER		



	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>		Código:	JO 01-R-01
			versión:	02
	<b>BITACORA DE UNIDAD</b>		Fecha:	30/04/2021
			Página:	1-1

FECHA:		CONDUCTOR:		KM:	
PLACA TRACTO:		F.V. SOAT:			
PLACA ACOPLADO:		TRJ. CIRCULACION:			

SALIDA		Fecha:	
Ruta:			
Carga:			
Kilometraje:			
O/S:			
Guía de remisión:			
Guía de Transportista:			
Llegada:			
Observaciones:			

RETORNO		Fecha:	
Ruta:			
Carga:			
Kilometraje:			
O/S:			
Guía de remisión:			
Guía de Transportista:			
Llegada:			
Observaciones:			


Levantamiento de Observaciones		Fecha de mant.
Motor		
Sistema Eléctrico		
Sistema de Frenos		
Sistema de Embrague		
Sistema de Trasmisión		
Sistema Huidráulico		
Sistema de Succión y Filtros		
Sistema de Dirección		
Carrocería / Chasis		
Neumáticos		

Observaciones	

Conductor	Coordinador de Mantenimiento	Jefe de Operaciones

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION										Codigo:		MTO 01-R-08
											Version :		03
	INSPECCION DE NEUMATICOS										Fecha:		1/05/2021
											Paginas:		1/1

FECHA											MARCA / MODELO		
UNIDAD			PLACA					N° INTERNO			KM		
OPERADOR							TEC.LLA						

INSPECCION		ROTACION		MEJORA		CAMBIO/NUE		CAMBIO/REEN	
REPARACION		ASIG/PREST.							

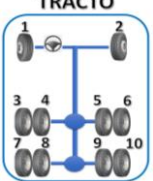
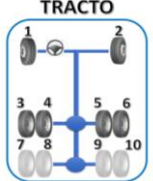
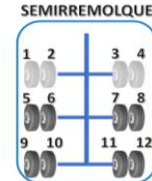
  

INGRESO													
POS	CODIGO	MARCA	MEDIDA	DISEÑO ORIGINAL	DISEÑO REENC.	N° REEN	PSI	REMANENTE ENTRANTE				SITUACION/OBSERVACION	
								R1	R2	R3	R4		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
R1													
R2													

SALIDA													
POS	CODIGO	MARCA	MEDIDA	DISEÑO ORIGINAL	DISEÑO REENC.	N° REEN	PSI	REMANENTE SALIENTE				SITUACION/OBSERVACION	
								R1	R2	R3	R4		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
R1													
R2													

OBSERVACIONES:	<div>    </div>												<div>V°B°JEFE MTTO</div>

## Anexo 7.

### Validación de los instrumentos a través de expertos

#### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD Y PRODUCTIVIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN			Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
VARIABLE INDEPENDIENTE: CRM			Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Confiabilidad	$C = \frac{TTO - TTP}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$	Donde: C: Confiabilidad TTO: Tiempo total operativo TTP: Tiempo total de parada	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Mantenibilidad	$M = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$	Donde: M: Mantenibilidad TTR: Tiempo total de reparación	✓		✓		✓		
Dimensión 3: Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Donde: D: Disponibilidad MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento MTTR: Tiempo medio de reparación	✓		✓		✓		
VARIABLE / DIMENSIÓN			Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD			Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Eficiencia	$Efc = \frac{TTPR}{TTUR}$	Donde: Efc: Eficiencia TTPR: Tiempo total programado TTUR: Tiempo total utilizado	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Eficacia	$Ef = \frac{ER}{EP}$	Donde: Ef: Eficacia ER: Entregas realizadas EP: Entregas programadas	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [ X ]**      **Aplicable después de corregir [ ]**  
 Apellidos y nombres del juez validador: Dr./ Mg: MSc. MSC. Mary Laura Delgado Montes  
 Especialidad del validador: Master en Ingeniería de la producción

No aplicable [ ]

DNI: 42917804

07 de Junio del 2021

<sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

  
 Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD Y PRODUCTIVIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN			Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
VARIABLE INDEPENDIENTE: CRM			Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Confiabilidad	$C = \frac{TTO - TTP}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$	Donde: C: Confiabilidad TTO: Tiempo total operativo TTP: Tiempo total de parada	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Mantenibilidad	$M = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$	Donde: M: Mantenibilidad TTR: Tiempo total de reparación	✓		✓		✓		
Dimensión 3: Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Donde: D: Disponibilidad MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento MTTR: Tiempo medio de reparación	✓		✓		✓		
VARIABLE / DIMENSIÓN			Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD			Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Eficiencia	$Efc = \frac{TTPR}{TTUR}$	Donde: Efc: Eficiencia TTPR: Tiempo total programado TTUR: Tiempo total utilizado	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Eficacia	$Ef = \frac{ER}{EP}$	Donde: Ef: Eficacia ER: Entregas realizadas EP: Entregas programadas	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): ☒ Sí hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: ☒ Aplicable ☐ No aplicable después de corregir ☐ No aplicable ☐

DNI: 02617808

Apellidos y nombres del juez validador: Mg. ROBERTO FARFAN MARTINEZ  
Especialidad del validador: Maestro en GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

07 de Junio del 2021

<sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto técnico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD Y PRODUCTIVIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN			Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
VARIABLE INDEPENDIENTE: CRM			Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Confiabilidad	$C = \frac{TTO - TTP}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$	Donde: C: Confiabilidad TTO: Tiempo total operativo TTP: Tiempo total de parada	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Mantenibilidad	$M = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ DE FALLAS}}$	Donde: M: Mantenibilidad TTR: Tiempo total de reparación	✓		✓		✓		
Dimensión 3: Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Donde: D: Disponibilidad MTBF: Tiempo medio de buen funcionamiento MTTR: Tiempo medio de reparación	✓		✓		✓		
VARIABLE / DIMENSIÓN			Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD			Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Eficiencia	$Efc = \frac{TTPR}{TTUR}$	Donde: Efc: Eficiencia TTPR: Tiempo total programado TTUR: Tiempo total utilizado	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Eficacia	$Ef = \frac{ER}{EP}$	Donde: Ef: Eficacia ER: Entregas realizadas EP: Entregas programadas	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): ☒ Sí hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: ☒ Aplicable ☐ No aplicable después de corregir ☐ No aplicable ☐

DNI: 06799436

Apellidos y nombres del juez validador: Dr. Pedro Pacherez Acaro  
Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

15 de junio del 2021

<sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto técnico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Firma del Experto Informante.